

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES



**“*PELARGONIUM HORTORUM* EN LA FITORREMEDIACIÓN
DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO Y CADMIO DEL
ASENTAMIENTO HUMANO VIRGEN DE GUADALUPE,
CALLAO 2023”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

FERNÁNDEZ QUIROZ, INGRID KARYME

TEJADA PAUCAR, FIORELLA

VALDERRAMA VASQUEZ, CAROL GLADYS

ASESOR: Mtro. VIGO ROLDÁN, ABNER JOSUÉ

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL
AMBIENTE

Callao, 2023

PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)



V CICLO TALLER DE TESIS

ANEXO 3

ACTA N° 001-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

LIBRO 01 FOLIO No. 80 ACTA N°001-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

A los 19 días del mes de agosto del año 2023, siendo las 8:00 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/zch-bnpr-wqt>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Ms.C. María Teresa Valderrama Rojas	: Presidente
Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz	: Secretario
Mtra. Janet Mamani Ramos	: Vocal
Dr. Jorge Quintanilla Alarcón	: Suplente
Mtro. Abner Josué Vigo Roldán	: Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los Bachilleres Ingrid Karyme Fernández Quiroz, Fiorella Tejada Paucar y Carol Gladys Valderrama Vasquez, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustentan la tesis titulada: **“PELARGONIUM HORTORUM EN LA FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO Y CADMIO DEL ASENTAMIENTO HUMANO VIRGEN DE GUADALUPE, CALLAO 2023”**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las “Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario”;

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa Muy Bueno y calificación cuantitativa DIECISEIS (16) la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 08:50 horas del día sábado 19 de agosto del año en curso.

Presidente

Secretario

Vocal

Asesor

Document Information

Analyzed document	TESIS_FERNANDEZ QUIROZ-TEJADA PAUCAR-VALDERRAMA VASQUEZ.pdf (D172878381)
Submitted	2023-08-16 22:28:00
Submitted by	
Submitter email	fiarn.investigacion@unac.edu.pe
Similarity	14%
Analysis address	unidad.de.investigacion.fiarn.unac@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional del Callao / Diaz Vergaray-Quispe Uñapillco-Samamé Morales-Tesis_FITORREMIEDIACION CON Zea mays PARA LA REMOCION DE PLOMO Y CADMIO DE SUELO CONTAMINADO POR RELAVE MINERO DE LA PLANTA CONCENTRADORA UNI.pdf Document Diaz Vergaray-Quispe Uñapillco-Samamé Morales-Tesis_FITORREMIEDIACION CON Zea mays PARA LA REMOCION DE PLOMO Y CADMIO DE SUELO CONTAMINADO POR RELAVE MINERO DE LA PLANTA CONCENTRADORA UNI.pdf (D143163090) Submitted by: fiarn.investigacion@unac.edu.pe Receiver: unidad.de.investigacion.fiarn.unac@analysis.orkund.com	
SA	03 Soledad Nuñez_Aplicacion-fitorremediacion.docx Document 03 Soledad Nuñez_Aplicacion-fitorremediacion.docx (D129601824)	
SA	Quincho_Cintya_Saldana_Victor_TAREA FINAL DE TESIS.pdf Document Quincho_Cintya_Saldana_Victor_TAREA FINAL DE TESIS.pdf (D110506722)	
W	URL: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002 Fetched: 2023-08-16 22:29:00	
W	URL: https://www.fao.org/3/i8864es/i8864ES.pdf Fetched: 2023-08-16 22:30:00	
W	URL: https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/RFIGMMG-38-103.pdf Fetched: 2023-08-16 22:29:00	
W	URL: https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUE... Fetched: 2023-08-16 22:31:00	
W	URL: http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v78n1/v78n1a13.pdf Fetched: 2023-08-16 22:32:00	
W	URL: http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/47/browse?value=Metal+pesado&type=subject Fetched: 2023-08-16 22:32:00	
SA	EF_TT2_MYSHELLEVICHEZ_DIANAGOMEZ.docx Document EF_TT2_MYSHELLEVICHEZ_DIANAGOMEZ.docx (D141878489)	
SA	T1_Tesis2_MorenoMunozAnaliAndrea_MartinezAgamaCarlessy.docx Document T1_Tesis2_MorenoMunozAnaliAndrea_MartinezAgamaCarlessy.docx (D144414505)	
SA	BRENDA-JAMALY-SANDOVAL-POLO Para sustentación (1)-1.docx Document BRENDA-JAMALY-SANDOVAL-POLO Para sustentación (1)-1.docx (D127299266)	
W	URL: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6087/T010_46225104_M_1.pdf?seque... Fetched: 2023-08-16 22:32:00	
W	URL: https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/3045?show=full Fetched: 2023-08-16 22:28:00	

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

TÍTULO: “*PELARGONIUM HORTORUM* EN LA FITORREMEDIACIÓN DE
SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO Y CADMIO DEL ASENTAMIENTO
HUMANO VIRGEN DE GUADALUPE, CALLAO 2023”

AUTORES / CÓDIGO ORCID / DNI:

FERNANDEZ QUIROZ INGRID KARYME / 0009-0003-7170-3635 / 76588262

TEJADA PAUCAR FIORELLA / 0009-0003-9603-6365 / 73149573

VALDERRAMA VASQUEZ CAROL GLADYS / 0009-0009-1380-5290 / 77337709

ASESOR / CÓDIGO ORCID / DNI:

Mtro. ABNER JOSUÉ VIGO ROLDÁN / 0000-0002-5611-8011 / 08085074

LUGAR DE EJECUCIÓN: ASENTAMIENTO HUMANO VIRGEN DE
GUADALUPE, DISTRITO DE MI PERÚ, PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL
CALLAO.

UNIDAD DE ANÁLISIS: SUELO CONTAMINADO CON METALES PESADOS,
PLOMO Y CADMIO.

TIPO DE INVESTIGACIÓN: APLICADA

ENFOQUE: CUANTITATIVO.

DISEÑO: EXPERIMENTAL.

TEMA OCDE: 2.08.02 BIORREMEDIACIÓN, BIOTECNOLOGÍAS DE
DIAGNÓSTICO EN LA GESTIÓN AMBIENTAL

DEDICATORIA

A mi madre Marcelina Paucar o como le digo omma, quien, con su amor, paciencia, apoyo y esfuerzo, siempre creyó en mí y en todo lo que quisiera hacer, gracias infinitamente por enseñarme a ser libre y valiente. A mis hermanas, Milagros y Anjela, por su cariño, paciencia y apoyo incondicional. A mis amigos de la facultad, mi código 13B, con los que tengo muy lindos recuerdos. A mí, por todo el esfuerzo, dedicación, amor y respeto entregado en cada una de las metas trazadas junto al universo. Y a Bangtan Sonyeondan quienes me acompañan con sus palabras y canciones, siendo mi gran motivación día a día.

Fiorella Tejada

A mi familia, que, con su amor, apoyo y confianza en mí, me motivaron a poder lograr este objetivo, me inculcaron la perseverancia y la determinación de poder lograr todo lo que me proponga. A mis sobrinos, Caleb, Fabián, Amelie, que desde que llegaron a mi vida fueron mi motivación y me dieron la fuerza que necesitaba para poder salir adelante. A mis abuelos y mi mejor amigo que desde el cielo me cuidan y sé que están orgullosos de mí. A mis amigos de la facultad, les agradezco por todo su apoyo desde los inicios en esta travesía, cada uno de ellos fue una pieza fundamental para esta etapa y a mí, porque a pesar de todos los obstáculos que tuve que pasar nunca me di por vencida.

Carol Valderrama

A mi familia, por todo su esfuerzo, apoyo constante, confianza y amor incondicional durante cada aventura que enfrento, sin ustedes no sería la persona en la que me he convertido, cada logro es por y para ustedes. A mi abuelita y mi madrina que me cuidan desde el cielo. A mis amigos, por tantos momentos y enseñanzas compartidas durante mi vida. Y *Bangtan*, que con su frecuencia y música me han enseñado que *“Esta bien parar y detenerse, no necesitas correr sin saber por qué lo estás haciendo”*, quienes son una fuente de motivación, inspiración, compañía y consuelo durante este extraño viaje llamado vida.

Ingrid Fernandez

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestras familias y amigos por su apoyo a lo largo de nuestra vida y estudios, por ese orgullo y ganas de superación que en todo momento nos transmiten.

A nuestros mentores de la Universidad, ya que sus enseñanzas fueron importantes en toda nuestra transición universitaria.

De manera especial a nuestro asesor el Mtro. Abner Josué Vigo Roldan, quién nos orientó en este importante trabajo de investigación; gracias por los valiosos consejos para nuestra formación profesional.

ÍNDICE

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1.	Descripción de la realidad problemática	18
1.2.	Formulación del problema	20
1.2.1.	Problema General	20
1.3.	Objetivos	21
1.3.1.	Objetivo general	21
1.3.2.	Objetivo específico	21
1.4.	Justificación	21
1.5.	Delimitantes de la investigación	24
1.5.1.	Delimitante teórica	24
1.5.2.	Delimitante temporal	24
1.5.3.	Delimitante espacial	25
II.	MARCO TEÓRICO	26
2.1.	Antecedentes	26
2.1.1.	Antecedentes internacionales	26
2.1.2.	Antecedentes nacionales	30
2.2.	Bases teóricas	34
2.3.	Marco Conceptual	43
2.4.	Definición de Términos Básicos	44
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	47
3.1.	Hipótesis	47
3.1.1.	Hipótesis general	47
3.1.2.	Hipótesis específicas	47
3.2.	Operacionalización de variable	47

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	49
4.1. Diseño metodológico	49
4.2. Método de investigación	50
4.3. Población y muestra	57
4.3.1. Población	57
4.3.2. Muestra	57
4.4. Lugar de estudio	57
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	58
4.6. Análisis y procesamiento de datos	59
4.7. Aspectos Éticos en Investigación	60
V. RESULTADOS	61
5.1. Resultados descriptivos	61
5.1.1. Análisis y caracterización del suelo	61
5.1.2. Análisis de las concentraciones de Plomo y Cadmio en suelo contaminado	63
5.1.3. Análisis de la concentración de Pb y Cd en suelo contaminado y el aditivo compost	66
5.1.4. Análisis de la concentración de Pb y Cd en suelo contaminado y el aditivo humus	68
5.2. Resultados inferenciales	72
5.2.1. Factor inter sujeto	72
5.2.2. Prueba de efecto intersujeto	75
5.2.3. Comparaciones Post hoc	77
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	81
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	81
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	85
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes	87

VII.	CONCLUSIONES	89
VIII.	RECOMENDACIONES	91
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
X.	ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Normativa Internacional</i>	40
<i>Tabla 2. Normativa Nacional</i>	41
<i>Tabla 3. Operalización de las variables</i>	48
<i>Tabla 4. Puntos de muestreo de suelos</i>	53
<i>Tabla 5. Materiales empleados en la recolección de muestra de suelos</i>	53
<i>Tabla 6. Profundidad del muestreo según el uso de suelo</i>	54
<i>Tabla 7. Caracterización de la muestra de suelo</i>	55
<i>Tabla 8. Cantidad de suelo y aditivo por tratamiento</i>	56
<i>Tabla 9. Métodos, instrumentos y equipos</i>	59
<i>Tabla 10. Caracterización de la muestra de suelo</i>	62
<i>Tabla 11. Concentraciones iniciales de Pb y Cd en el Tratamiento T₁ (muestra de suelo contaminado)</i>	63
<i>Tabla 12. Concentraciones de Pb y Cd en el Tratamiento T₁</i>	64
<i>Tabla 13. Concentraciones de Pb y Cd en el Tratamiento T₂</i>	66
<i>Tabla 14. Concentraciones de Pb y Cd en el Tratamiento T₃</i>	68
<i>Tabla 15. Porcentaje de remoción de Pb y Cd en cada Tratamiento</i>	70
<i>Tabla 16. Factor inter sujeto de los datos de Pb respecto a cada tratamiento</i>	73
<i>Tabla 17. Estadístico descriptivo de la absorción del Pb respecto a cada tratamiento</i>	73
<i>Tabla 18. Estadístico descriptivo de la media del Pb respecto a cada tratamiento y días de evaluación</i>	74
<i>Tabla 19. Estadístico descriptivo de la media del Cd respecto a cada tratamiento y días de evaluación</i>	75
<i>Tabla 20. Prueba de efecto intersujeto para Pb</i>	76
<i>Tabla 21. Prueba de efectos inter-sujetos para Cd</i>	76
<i>Tabla 22. Comparaciones múltiples para el Pb en tratamientos</i>	77
<i>Tabla 23. Comparaciones múltiples para el Pb en días</i>	78
<i>Tabla 24. Comparaciones múltiples para el Cd en tratamientos</i>	80
<i>Tabla 28. Comparaciones múltiples para el Cd en días</i>	81

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Captación y transporte de metales pesados en las plantas a través de varios transportadores de metales en la membrana plasmática</i>	36
<i>Figura 2. Mecanismos de fitorremediación en una planta</i>	37
<i>Figura 3 .Diagrama de flujo de procedimiento experimental</i>	52
<i>Figura 4. Tratamientos</i>	55
<i>Figura 5. Mapa de lugar de estudio</i>	58
<i>Figura 6. Concentraciones de Pb en el Tratamiento T₁ y su comparación con el ECA</i>	65
<i>Figura 7. Concentraciones de Cd en el Tratamiento T₁ y su comparación con el ECA</i>	65
<i>Figura 8. Concentraciones de Pb en el Tratamiento T₂ y su comparación con el ECA</i>	67
<i>Figura 9. Concentraciones de Cd en el Tratamiento T₂ y su comparación con el ECA</i>	67
<i>Figura 10. Concentraciones de Pb en el Tratamiento T₃ y su comparación con el ECA</i>	69
<i>Figura 11. Concentraciones de Cd en el Tratamiento T₃ y su comparación con el ECA</i>	69
<i>Figura 12. Concentraciones de Pb en los tratamientos y su comparación con el ECA</i>	71
<i>Figura 13. Concentraciones de Cd en los tratamientos y su comparación con el ECA</i>	72

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

FAO:	Food and Agriculture Organization (Traducido a Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
ECA:	Estándares de Calidad Ambiental
OEFA:	Organismos de Evaluación y Fiscalización Ambiental
A.H.:	Asentamiento Humano
ERSA:	Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente
DIGESA:	Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria
FCA:	Facultad de Ciencias Administrativas
ANOVA:	Análisis de la Varianza
D.S.:	Decreto Supremo
MINAM:	Ministerio del Ambiente
ISO:	Internacional Organization for Standardization (traducido a Organización Internacional de Normalización)
EPA:	Environmental Protection Agency (traducido en Agencia de Protección Ambiental)
FLAA:	Flame Atomic Absorption Spectrophotometry (traducido a Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama)
ICP-AES:	Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy (traducido a Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo)

RESUMEN

La investigación que se presenta a continuación tuvo como objetivo evaluar la efectividad del *Pelargonium hortorum* para fitorremediar suelos contaminados con plomo (Pb) y cadmio (Cd) en el A.H. Virgen de Guadalupe, motivado por la presencia de Pb y Cd en el aire y suelo que sobrepasan los estándares de calidad ambiental, siendo esta afectación atribuida a las actividades industriales que se desarrollan en la zona colindante al Parque Industrial de Ventanilla. Entre las técnicas de remediación para suelos contaminados, Delgadillo et al. (2011) precisa a la fitorremediación como opción de tecnología que reduce la concentración de diversos compuestos. Asimismo, (Pandey, Sarkar y Pandey, 2019) menciona que el *Pelargonium hortorum* tiene potencial para fitorremediar debido a su tolerancia y capacidad de acumular metales pesados.

La presente investigación fue de tipo aplicada, con un nivel explicativo, enfoque cuantitativo y diseño experimental. Se establecieron cuatro tratamientos usando el *Pelargonium hortorum*, agregándose 10% de compost en uno de ellos y 10 % humus a otro. Los tratamientos fueron codificados como: T₀ (tierra de chacra + planta), T₁ (suelo contaminado + planta), T₂ (suelo contaminado + compost + planta) y T₃ (suelo contaminado + humus + planta). Las concentraciones de Pb y Cd se midieron en el T₁, T₂ y T₃, al inicio del tratamiento, a los 20 días y a los 40 días.

Los resultados obtenidos mostraron que la concentración inicial fue 156.64 mg/Kg PS de Pb y 9.04 mg/Kg PS de Cd; a los 40 días se logró disminuir las concentraciones de los metales pesados, para T₁ 47.12 mg/Kg PS de Pb y 0.99 mg/Kg PS de Cd, para T₂ 67.97 mg/Kg PS de Pb y 1.56 mg/Kg PS de Cd, y para T₃ 59.2 mg/Kg PS de Pb y 1.14 mg/Kg PS de Cd; demostrando que el tratamiento 1 (T₁) es el que obtuvo mayor porcentaje de disminución con 71,17% para el Pb y 89,49% para el Cd en la fitorremediación de los suelos contaminados del A.H. Virgen de Guadalupe. Por ende, el *Pelargonium hortorum* es efectivo para fitorremediar los suelos contaminados con Pb y Cd.

ABSTRACT

The research presented below aimed to evaluate the effectiveness of *Pelargonium hortorum* for phytoremediation of soils contaminated with lead (Pb) and cadmium (Cd) in the A.H. Virgen de Guadalupe, motivated by the presence of Pb and Cd in the air and soil that exceed environmental quality standards, being this affectation attributed to the activities that are developed in the area adjacent to the Ventanilla Industrial Park. Among the remediation techniques for contaminated soils, Delgadillo et al. (2011) specify phytoremediation as a technology option that reduces the concentration of various compounds. Also, (Pandey, Sarkar y Pandey, 2019) mentions that *Pelargonium hortorum* has potential for phytoremediation due to its tolerance and ability to accumulate heavy metals.

The present research was applied, with an explanatory level, quantitative approach and experimental design. Four treatments were established using *Pelargonium hortorum*, adding 10% compost to one of them and 10% humus to another. The treatments were coded as: T₀ (farm soil + plant), T₁ (contaminated soil + plant), T₂ (contaminated soil + compost + plant) and T₃ (contaminated soil + humus + plant). Pb and Cd concentrations were measured at T₁, T₂ and T₃, at the beginning of treatment, at 20 days and at 40 days.

The results obtained showed that the initial concentration was 156.64 mg/Kg PS of Pb and 9.04 mg/Kg PS of Cd; at 40 days the concentrations of the heavy metals were decreased, for T₁ 47.12 mg/Kg PS of Pb and 0.99 mg/Kg PS of Cd, for T₂ 67.97 mg/Kg PS of Pb and 1.56 mg/Kg PS of Cd, and for T₃ 59.2 mg/Kg PS of Pb and 1.14 mg/Kg PS of Cd; showing that treatment 1 (T₁) is the one that obtained the highest percentage of decrease with 71.17% for Pb and 89.49% for Cd in the phytoremediation of the contaminated soils of the A.H. Virgen de Guadalupe. Therefore, *Pelargonium hortorum* is effective for phytoremediation of soils contaminated with Pb and Cd.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo es una problemática global que ha afectado de manera significativa la salud de la población y el medio ambiente. El suelo se ha convertido en un receptor silencioso de la contaminación, especialmente por metales pesados como el plomo (Pb) y el cadmio (Cd), los cuales son altamente tóxicos y peligrosos para el ser humano y otros seres vivos.

En el Perú, la contaminación de suelos por metales pesados es un problema frecuente, especialmente en áreas cercanas al desarrollo de actividades industriales. Esta situación se acentúa en el distrito de Mi Perú, donde se han registrado altos niveles de contaminación del suelo con metales como el plomo y el cadmio, viéndose afectada la salud y calidad de vida de la población cercana, debido a la ubicación del distrito en la zona industrial del Callao. En el caso particular de Mi Perú, los estudios realizados por diversos especialistas indican que los niveles de plomo y cadmio en el suelo son alarmantes, superando los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otros organismos internacionales.

Ante la problemática presentada, es necesario implementar un método que nos permita disminuir el impacto ambiental, por lo que se presenta una alternativa muy eficiente, la fitorremediación, que permite mitigar la contaminación por metales pesados, al ser una técnica ambientalmente amigable que se enfoca en el uso de especies vegetales y la capacidad de ellas para absorber, acumular y tolerar altas concentraciones de sustancias contaminantes; ofreciendo numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, como su amplia aplicabilidad y bajo costo. (Ferrua, 2021)

Teniendo presente lo descrito, y en base a los textos de investigación revisados, se advierte la gran capacidad del género *Pelargonium* para poder remover metales pesados en suelos contaminados, como por ejemplo el estudio realizado en la ciudad de Trujillo, donde se obtuvo una disminución de la concentración de metales contaminantes presentes en el suelo mediante el

cultivo de geranio, lográndose el mayor porcentaje de remoción para el Cd, de hasta un 79% tras seis semanas de cultivo. (Obeso, 2021)

Con la información obtenida en los antecedentes y fuentes bibliográficas, donde se indica que agregar compost o humus mejora la biodisponibilidad de metales pesados, se diseñaron los tratamientos y análisis de las muestras de suelo; por ello, en la presente investigación se evaluó la efectividad del *Pelargonium hortorum* para fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd en el Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Los recursos naturales como el aire, suelo, agua y diversidad biológica son afectados por la contaminación. Respecto al suelo, la degradación antropogénica de este viene siendo un problema a nivel mundial; más del 75% de la superficie terrestre ya se ha degradado y para 2050, esta cifra podría superar más del 90% (Gligo et al. 2020). Las actividades industriales, domésticas, agrícolas y ganaderas, son las principales fuentes de contaminación de suelo debido a que provocan una disminución de los servicios ecosistémicos de este recurso. (Food and Agriculture Organisation, 2019)

A nivel internacional actualmente existe una gran preocupación por la degradación del suelo, siendo las actividades industriales como la minería, industrias de pintura, industria metalúrgica, papelera, entre otras, las que generan un aporte considerable de metales pesados al suelo que afectan la productividad agrícola, el medio ambiente, salud de la población, aspectos económicos y sociales (Ramos, 2022). La recuperación de un suelo degradado es difícil, costosa, y de largo tiempo, y en algunos casos es imposible volver al estado inicial (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Por ejemplo, en la Unión Europa se han contaminado 3,5 millones de sitios con sustancias peligrosas y se estima que el costo de rehabilitar esas áreas es de 17 300 millones de euros al año. (Montanarella, Scholes y Brainich, 2018)

Entre los principales contaminantes del suelo, se tienen los componentes orgánicos, entre ellos los halogenados y no halogenados, y los inorgánicos, como son el metal o metaloide y los no metales; asimismo, esta contaminación genera que los suelos no sean buenos para uso residencial, agrícola y recreativo debido a reducción de porcentajes de materia orgánica, mayor emisión de GEI, desequilibrio de nutrientes, pérdida de biodiversidad y biomasa, ecotoxicidad, entre otros (Food and Agriculture Organisation y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2022). Asimismo, la contaminación del suelo con

metales pesados genera estrés abiótico (Osman et al. 2017), cabe precisar que, el desarrollo de actividades económicas realizado por el hombre, ha generado que el ambiente mundial esté bajo estrés, a causa de la industrialización y la urbanización, así como tener recursos naturales limitados y una gran presión demográfica. (Garzón, Rodríguez y Hernández, 2017)

En el Perú existe una preocupación alta sobre el deterioro del ambiente y de los recursos naturales, existe pérdida de los suelos agrícolas por salinización, erosión y poca fertilidad (Grupo de Trabajo Multisectorial, 2008) esto debido a la falta adecuada de uso, manejo y planificación de suelo en el Perú ha ocasionado la pérdida de este recurso, y cada día es mayor, principalmente el que sirve para el desarrollo agrícola y ganadero (Díaz, 2016). Por otro lado, mediante Resolución Ministerial N° 307-2007-MINAM se declaró en estado de emergencia la zona industrial de Ventanilla y la zona urbana de Mi Perú, distritos que pertenecen a la Provincia Constitucional del Callao, esto debido a la presencia de plomo y cadmio en el aire. Adicional a ello, según estudios realizados por OEFA, el A.H. Virgen de Guadalupe, ubicado en el distrito de Mi Perú, es uno de los más afectados por la presencia de Pb y Cd en el aire y suelo que sobrepasan los estándares de calidad ambiental, lo cual puede ser atribuido a las actividades industriales que se desarrollan en el Parque Industrial de Ventanilla (lugar adyacente al referido asentamiento humano donde se localizan empresas de fabricación de insumos químicos, alimentos, metalmecánicas, hidrocarburos residuales y fundiciones de metales no ferrosos, entre otros).(Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2017)

Bajo este contexto, se presenta a la fitorremediación como una tecnología sostenible -remediación pasiva y biológica- con generación de residuos sólidos mínima en comparación a otros tratamientos, que no emplea aditivos, fácil aplicación y seguimiento, y al ser de bajo costo permite su aplicación en asentamientos humanos o zonas de bajos recursos que hayan sido contaminados con metales pesados teniendo de esta manera beneficios sociales, económicos al país y a la población del distrito. Esta tecnología como señala (Chaney et al.1997) consiste en la aplicación de especies vegetales tolerantes a los metales pesados debido a su capacidad de acumularlos,

absorberlos o volatilizarlos. Sin perjuicio de ello, (Carpena y Bernal, 2007) señalan que una de las desventajas de esta técnica son las características físicas y químicas del suelo que pueden influir en el desarrollo fisiológico de las especies usadas, así como el nivel de tolerancia de las especies a los compuestos a los que serán expuestas.

Para el desarrollo de la presente investigación se seleccionó el *Pelargonium hortorum*, tomando en consideración lo señalado por (Orroño, 2002), el cual menciona que esta especie se adapta a climas templados, de fácil cultivo, no requiere grandes cantidades de agua y nutrientes, con potencial para la fitorremediación y de adaptabilidad a diversos tipos de suelos. Finalmente, el desarrollo de la parte experimental fue realizado en un ambiente controlado (ex-situ), se recolectó muestras de suelos contaminados por Pb y Cd del A.H. Virgen de Guadalupe, las cuales fueron evaluadas a fin de determinar las concentraciones iniciales de estos metales, posterior a ello, se adicionó enmiendas orgánicas (compost y humus) a fin de mejorar la efectividad del *Pelargonium hortorum* en la fitorremediación de suelos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿El *Pelargonium hortorum* es efectivo en la fitorremediación de los suelos contaminados por Pb y Cd del A.H. Virgen de Guadalupe, 2023?

1.2.2. Problemas Específicos

¿La muestra de suelo obtenido del A.H. Virgen de Guadalupe contiene Pb y Cd?

¿El *Pelargonium hortorum* fitorremedia los suelos contaminados con Pb y Cd?

¿La adición de compost mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* de suelos contaminados con Pb y Cd?

¿La adición de humus mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* de suelos contaminados con Pb y Cd?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la efectividad del *Pelargonium hortorum* para fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd entre los tratamientos empleados.

1.3.2. Objetivo específico

Analizar las concentraciones de Pb y Cd en la muestra de suelo obtenida del A.H. Virgen de Guadalupe.

Determinar si el *Pelargonium hortorum* fitorremedia los suelos contaminados con Pb y Cd.

Determinar si la adición de compost mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* en suelos contaminados con Pb y Cd.

Determinar si la adición de humus mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* en suelos contaminados con Pb y Cd.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Ambiental

Ambientalmente, se presenta una alternativa sostenible al emplear la especie *Pelargonium hortorum* para la remediación de suelos contaminados por metales pesados en zonas industriales, ya que es una técnica pasiva y biológica cuya generación de residuos es mínima en comparación a otros tratamientos. Es preciso resaltar que, este tipo de tratamiento no emplea aditivos y/o productos químicos, en su lugar, se emplearon enmiendas orgánicas (compost y humus) a fin de mejorar el proceso de fitorremediación de la especie materia de investigación del presente estudio.

1.4.2. Justificación normativa - legal

La investigación toma como fundamento la Constitución Política del Perú, numeral 22 del artículo 2 y a la Ley General del Ambiente, artículo I del Título Preliminar, destacando el derecho a vivir en un ambiente sano y el deber de conservar y restaurar los recursos naturales, con el fin de preservar el medio ambiente y la calidad de vida de la población actual y futura, desde ese punto de vista esta investigación ofrece una alternativa de recuperación de suelos contaminados por metales pesados, mejorando así la calidad del ambiente y calidad de vida para el ser humano; ya que los impactos causados en el suelo pueden afectar directamente a la salud humana. (Ferrua, 2021)

Adicional a ello, el Decreto Supremo N° 012- 2017-MINAM menciona a la fitorremediación como una técnica de descontaminación, en el artículo 4.13 Medidas de descontaminación: Comprenden aquellas técnicas de remediación que tienen por objeto eliminar o reducir los contaminantes del sitio hasta alcanzar los ECA para Suelo, los niveles de fondo o los niveles establecidos en el Estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA). Esta clase de medidas pueden contemplar técnicas fisicoquímicas (como la excavación de suelo contaminado, extracción del aire del suelo, bombeo y tratamiento de aguas subterráneas, enjuague de suelos y tratamientos químicos in-situ), biológicas (como la biodegradación in-situ, fitorremediación, landfarming, tratamientos ex-situ, on-site y off-site en biopilas y compostaje), térmicas (como la incineración y desorción térmica), entre otras.

1.4.3. Justificación teórica

A nivel teórico, existen diferentes reportes y estudios que evidencian la presencia de suelos contaminados por metales pesados, tales como, plomo y cadmio, producto de las actividades industriales de las empresas. En el caso del Perú existe información de fuentes secundarias que evidencian la presencia de estos metales en el distrito de Mi Perú que limita con el parque Industrial del distrito de Ventanilla. Por otro lado, dentro de las especies del género *Pelargonium* que son empleadas para la fitorremediación se encuentra *Pelargonium hortorum* según lo mencionado por (Pandey, Sarkar y Pandey,

2019); sin perjuicio de ello, este autor también señala que, la aplicación de enmiendas de residuos orgánicos en suelos contaminados mejora el proceso de fitorremediación, la resistencia de las plantas al estrés y el aumento de la producción de biomasa vegetal. En ese sentido, la presente investigación se desarrolló en base a teorías de ingeniería, donde la fitorremediación es considerada una biotecnología o tecnología amigable. Finalmente, esta investigación contribuye al conocimiento científico y técnico sobre la fitorremediación mediante la difusión del uso de especies ornamentales del género *Pelargonium*.

1.4.4. Justificación metodológica

La presente investigación empleó el análisis de laboratorio por medio de métodos de ensayos a fin de medir las variaciones de las concentraciones de Pb y Cd en suelos contaminados, a los cuales se le adicionó enmiendas orgánicas (compost y humus) para mejorar la fitorremediación del *Pelargonium hortorum*.

La adición de enmiendas orgánicas para mejorar la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados ha sido desarrollada en diversas especies, tales como, *Helianthus annuus* (Cerrón et al. 2020), *Lolium hybridum* Hausskn (Ancco, 2018), *Artemisia absinthium* (Ataucusi, 2022) entre otros, obteniéndose resultados exitosos. Sin embargo, las investigaciones de este campo en la especie *Pelargonium hortorum* son escasas, por ello se busca contribuir a la bibliografía existente mediante una metodología sencilla, con la finalidad de ser empleada en escenarios similares.

1.4.5. Justificación práctica

Esta estrategia presenta diversas ventajas, tales como: (i) poder realizarse in situ, es decir sin necesidad de transportar el suelo o sustrato contaminado, (ii) son de bajo costo, (iii) permiten su aplicación, tanto a suelos como a aguas, (iv) sólo requieren prácticas agronómicas convencionales, (v) actúan positivamente sobre el suelo mejorando sus propiedades físicas y químicas, (vi) y son ambientalmente aceptables, debido a que se basan en la formación de una cubierta vegetal (Carpena y Bernal, 2007).

Asimismo, esta investigación permitirá obtener información a nivel local y nacional para la ampliación de la información disponible para futuros investigadores de este tipo de tratamiento con condiciones similares.

1.4.6. Justificación económica

Esta investigación ha permitido identificar y evaluar el uso del *Pelargonium hortorum* y su capacidad fitorremediadora al ser una tecnología con ventajas sobre otros métodos de remediación de suelos, como ser de bajo costo, fácil de aplicar in situ, estética, no es invasiva y versátil al emplear varias especies vegetales.

1.4.7. Justificación social

Esta tecnología presenta una alternativa de remediación de suelos contaminados por metales pesados que se puede replicar en asentamientos humanos o zonas de bajos recursos a fin de mejorar la calidad de suelo donde la población desarrolla sus actividades.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante teórica

La delimitación teórica de la presente investigación se enfoca en la fitorremediación como una técnica de remediación que emplea a la especie *Pelargonium hortorum*, conocido comúnmente como geranio, a fin de eliminar o reducir las concentraciones de Pb y Cd presentes en la muestra de suelos del A.H. Virgen de Guadalupe del distrito de Mi Perú. Adicional a ello, se potenciará esta capacidad al adicionar enmiendas orgánicas (compost y humus).

1.5.2. Delimitante temporal

La delimitación temporal está relacionado al periodo de ejecución de la presente investigación, llevada a cabo en un periodo limitado de aproximadamente 6 semanas, del 24 de abril al 02 de junio de 2023. Durante este periodo de tiempo, se llevó a cabo el desarrollo experimental, en el cual se

analizaron muestras de suelo para evaluar la capacidad de cada uno de los tratamientos empleados.

1.5.3. Delimitante espacial

Para el desarrollo de esta tesis, se recolectó una muestra de suelos contaminados con metales pesados del A.H. Virgen de Guadalupe del distrito de Mi Perú, la cual fue posteriormente trasladada a un área acondicionada de 5 m² que se ubica en la parte posterior de la Facultad de Ciencias Administrativas (FCA) de la Universidad Nacional del Callao, en la cual se tuvo las condiciones necesarias y un ambiente apto para el correcto desarrollo de la presente investigación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Debido a que la fitorremediación es una biotecnología sustentable y novedosa, es necesario revisar investigaciones que ayuden a mejorar el rendimiento y la confiabilidad de esta tecnología, teniendo en consideración el enfoque metodológico y teórico. A continuación, se presentan los antecedentes internacionales que tienen relación con el objetivo de esta investigación.

(Gul et al. 2019), en su trabajo de investigación Comparative effectiveness of organic and inorganic amendments on cadmium bioavailability and uptake by *Pelargonium hortorum*, tuvo como objetivo comparar las enmiendas orgánicas e inorgánicas, como son, ácido cítrico, nitrato de amonio, compost y nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) en la mejora de la biodisponibilidad de cadmio (Cd) en la fitoextracción asistida. Se adicionó al suelo no contaminado diferentes niveles de Cadmio (25, 50, 100, 150 mgkg⁻¹) utilizando una solución de sulfato de cadmio (CdSO₄) y diferentes niveles de cinco enmiendas EDTA, ácido cítrico, nitrato amónico, TiO₂ NPs y compost. El *Pelargonium hortorum* se cultivó en suelos enmendados durante un periodo de 6 meses y se consideraron diferentes parámetros para evaluar la biodisponibilidad de Cadmio tras la aplicación de enmiendas. Entre todas las enmiendas, se recomienda al ácido cítrico como un sustituto eficaz y amigable con el medio ambiente del EDTA para la fitoextracción asistida de Cd para descontaminar suelos contaminados, ya que tras la aplicación del ácido cítrico la absorción de Cadmio por planta y el ratio de extracción del metal fue mayor.

Siendo relevante de esta investigación, la metodología de adición de aditivos, tiempos, cantidad de tratamientos, porcentajes y técnicas de análisis de laboratorio y de datos. Adicional a ello el uso del *Pelargonium* con suelos contaminados de Cadmio en diferentes concentraciones, y la adición de enmiendas como el compost.

(Ogundiran, Mekwunyei y Adejumo, 2018), en su investigación Compost and biochar assisted phytoremediation potentials of *Moringa oleifera* for remediation of lead contaminated soil su diseño incluía la recogida y preparación del suelo y las enmiendas, la dilución del suelo, la incubación, pre-plantación, plantación, post-plantación, análisis químico y medición de parámetros agronómicos. Se utilizó la metodología de recogida y preparación de materiales, caracterización fisicoquímica de suelos y enmiendas, aplicación de enmiendas e incubación de suelos enmendados, germinación de semillas de *Moringa oleifera* y experimento en invernadero, recogida de datos y análisis estadístico, control de calidad. Teniendo como resultado que la combinación de compost, moringa oleífera y biocarbón puede utilizarse para remediar suelos contaminados con Pb. Las enmiendas con compost y biocarbón del suelo contaminado mejoraron la supervivencia y el crecimiento de las plantas de *Moringa oleifera*.

El nivel de significancia de esta investigación fue la metodología de adición de aditivos en suelos contaminados de compost, ya que mejoró el crecimiento de la planta y la supervivencia.

(Gong et al. 2018), en su investigación titulada Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) evaluó el compost de residuos verdes (GWC) y el vermicompost de residuos verdes (GWV) como sustitutos de la turba en los sustratos de cultivo utilizados para la producción de geranio (*Pelargonium zonale* L.) y caléndula (*Calendula officinalis* L.). Se prepararon cinco medios de cultivo, el primero con 100% turba (P), el segundo con 50% turba + 50% GWC (PC), el tercero con 100% GWC (C), el cuarto con 50% turba + 50% GWV (PV) y el quinto y último tratamiento con 100% GWV (V). Se trasplantaron las plántulas de geranio y caléndula a cada medio y se cultivaron durante 6 meses en condiciones de vivero comercial, es decir, hasta que alcanzaron el tamaño comercial. El mayor porcentaje de compost de residuos verdes (GWC) y vermicompost de residuos verdes (GWV) en el medio de cultivo podría aumentar la densidad aparente y el espacio aéreo; disminuir el espacio poroso total y la porosidad llena de agua; y aumentar el pH, la conductividad eléctrica y los contenidos de macro y microelementos. El compost de residuos

verdes (GWC), cuando se utiliza solo o mezclado con turba (50% GWC + 50% turba), logra reducir el crecimiento del geranio probablemente debido a su elevado pH. De ello se deduce que el compost de residuos verdes GWC no debe utilizarse para la producción de geranio a menos que se utilicen enmiendas acidificantes para ajustar el pH del cultivo. El crecimiento del geranio y la caléndula fue mejor en todos los medios de cultivo a base de vermicompost que en un medio de cultivo de turba pura. Por consiguiente, el vermicompost de residuos verdes (GWV) puede utilizarse para sustituir entre el 50 y el 100% de la turba empleada en la producción de geranio y caléndula en contenedores. Además, cuando se añadieron en las mismas proporciones, los sustratos de cultivo a base de vermicompost favorecieron mejor el crecimiento del geranio y la caléndula que los sustratos de cultivo a base de compost.

El nivel de significancia de esta investigación es la evaluación de la eficacia de los aditivos compost y vermicompost (humus) y su influencia en la producción del geranio: *Pelargonium*, teniendo como resultado un mejor crecimiento del geranio en el cultivo donde se usó como aditivo al vermicompost.

(Hoehne et al. 2016) en Addition of Vermicompost to Heavy Metal-Contaminated Soil Increases the Ability of Black Oat (*Avena strigosa Schreb*) Plants to Remove Cd, Cr, and Pb tuvo como objetivo determinar la inmovilización de cadmio, cromo y plomo en un suelo con diferentes mezclas y cantidades de vermicompost estabilizados (obtenido por lombricompostaje) y verificar si este ayuda en la eliminación de metales pesados mediante la técnica de fitoextracción con plantas de avena negra. Se mezclaron los residuos orgánicos con tierra, estiércol de vaca, hojas secas y cáscara de fruta y se contaminaron los tratamientos con Cd, Cr o Pb; el periodo de estabilización fue de 120 días a 25°C y humedad constante, posterior a ello se realizó una secuencia de extracción de metales para evaluar la movilidad de Cd, Cr y Pb. Las plantas se cosecharon, limpiaron y secaron con el fin de obtener su materia seca de brotes y raíces tras 70 días; en un espectrómetro de absorción atómica fueron analizadas las plantas. Con el análisis estadístico de los datos obtenidos se comparó la absorción de metales, mediante la ANOVA unidireccional y la comparación de las medias mediante la prueba de Tukey. La adición de vermicompost mejoró el

crecimiento de las plantas de avena negra, pero las cantidades elevadas de materia orgánica en el suelo (75 y 100%) no mejoran los niveles de absorción de metales.

Lo significativo de esta investigación fue la metodología de adición de aditivos como es el vermicompost, realizándose el estudio con 120 días de estabilización del suelo contaminado y el aditivo, se realizaron diferentes cantidades de tratamientos y porcentajes a temperatura (25°C) y humedad constante, además de las técnicas de análisis de laboratorio, el análisis estadístico y los datos usados durante la investigación.

(Orroño y Lavado, 2009) en su investigación Heavy metal accumulation in *Pelargonium hortorum*: Effects on growth and development (Acumulación de metales pesados en *Pelargonium hortorum*) determino la acumulación y tasa de absorción en las raíces, los tallos, hojas y flores de metales pesados del *Pelargonium*, teniendo tiempos de cultivo diferentes; así como evaluar la producción de biomasa aplicando índices de acumulación de metal y analizar su efecto en el desarrollo de la floración del *Pelargonium hortorum*. Se realizaron cuatro cosechas destructivas y se analizaron las raíces, los tallos, las hojas y las flores por cosecha. Mediante espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado. Durante 16 semanas las plantas crecieron en suelos enriquecidos con cadmio, cromo, cobre, plomo, níquel y zinc teniendo 3 tratamientos: el primero fue el control de suelo no enriquecido, el segundo con concentración media y el tercero con concentración alta. Se redujo significativamente la producción de biomasa en los suelos enriquecidos con metales pesados en comparación con las plantas en suelo control. En base a los resultados se confirmó que el *Pelargonium hortorum* fue afectado por la aplicación de metales pesados y las concentraciones de metales pesados fueron mayores en las raíces que en la parte aérea de las plantas.

La pertinencia de esta investigación fue demostrar la capacidad del *Pelargonium hortorum* para la acumulación y su tasa de absorción en raíces, tallos, hojas y flores de metales pesados.

2.1.2. Antecedentes nacionales

(Ocaña, 2022) en su investigación Comparación de la eficacia de la fitorremediación mediante el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) para la recuperación de suelos provenientes de la concesión minera mister muki distrito San Rafael, provincia Ambo, departamento Huánuco 2021, busco comparar la eficacia de la fitorremediación mediante el uso de dos tipos de plantas el girasol (*Helianthus annuus*) y el geranio (*Pelargonium hortorum*) para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados. La investigación fue de tipo Mixto; ya que esta “investigación implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio”, de nivel explicativo y se usó el método experimental. La población utilizada para esta investigación fue el suelo de la Concesión minera Mister Muki que se estima un área de 500 m² ubicado en el distrito de San Rafael, provincia y departamento de Huánuco en un periodo de investigación de noventa días, donde los análisis de laboratorio tuvieron una duración de veinte días. La muestra usada fue por un total de 35 Kg, esta muestra se trabajó de manera ex situ realizando el método de cuarteo el cual consistió en tomar muestras de 1.5 Kg, los cuales fueron ubicadas en envases específicos para poder realizar el estudio. Las técnicas e instrumentos se basaron en la Normativa correspondiente, la Guía de muestreo de suelos Resolución Ministerial N°085-2014-MINAM y el Decreto Supremo N°002-2013 MINAM. El análisis y el procesamiento de los datos fue realizado en forma digital elaborando tablas y gráficos estadísticos; obteniendo los resultados. Para el análisis estadístico de la información los datos de las muestras fueron ingresados al Software SPSS versión 25. Las plantas geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) tuvieron resultado en los parámetros: como el pH, la textura del suelo, la materia orgánica y los metales pesados que fueron biorremediadores eficientes. Finalmente se determinó que el cobre (Cu), el plomo (Pb) y el zinc (Zn) después de la fitorremediación reducen su presencia de manera significativa, obteniendo mayor eficacia el girasol con el Cu y el Pb mientras que el geranio con el Zinc.

El aporte de esta investigación será el uso del *Pelargonium* en la fitorremediación en suelos contaminados con metales, el análisis de la tolerancia de la planta al metal pesado plomo, y el cambio de pH a moderadamente alcalino en un suelo ácido. Además, en esta tesis se midió el crecimiento de las plantas en cuanto al grosor, tamaño y cantidad de hojas.

(Ferrua, 2021) en Evaluación de la capacidad fitorremediadora de las especies "*Tradescantia pallida*" y "*Pelargonium hortorum*" en suelos contaminados con plomo de la zona de las Lomas de Carabayllo evaluó la capacidad fitorremediadora de 2 especies: *Tradescantia pallida* y *Pelargonium hortorum* en suelos que han sido contaminados con plomo. Se recolectaron muestras de suelos que provienen de la zona de las Lomas de Carabayllo - Sur, donde primero se analizó el contenido de plomo del suelo y el crecimiento que tuvo la planta en los días 0, 45 y 90; se realizó el análisis de la concentración de plomo antes y después de realizar el tratamiento y el análisis físico-químico. Se aplicaron para cada especie de planta cuatro tratamientos y cada uno con 3 repeticiones durante 90 días, usando distintas concentraciones de plomo por cada tratamiento, los cuales fueron: el tratamiento P1 (510.28ppm), el tratamiento P2 (148.35ppm), el tratamiento P3 (214.96ppm), y finalmente el tratamiento P4 (49.14ppm). Con el Software R Studio se usó el diseño de bloques al azar, y finalmente se evidenció que las dos especies tienen capacidad de acumular plomo en sus tejidos, sin embargo, la mejor eficiencia se obtuvo con el *Pelargonium hortorum*, ya que tuvo mayor porcentaje de remoción en el T₁ (52.61%) y presentó mayor absorción de Pb en la parte radicular de la planta llegando a acumular 73.43 ppm en el T₁, mientras que la especie *Tradescantia pallida* tuvo mayor porcentaje de remoción en el T₁ (46.08 %) y presentó mayor absorción de Pb en la parte radicular acumulando 56.55 ppm en el T₁.

Lo relevante de esta investigación es el tipo de metodología, el enfoque y la eficiencia del *Pelargonium hortorum* para remover los metales pesados, en este caso el Plomo.

(Obeso, 2021) en su investigación Cultivo de geranios: uso potencial para la eliminación de arsénico (As), cadmio (Cd) y cobre (Cu) en suelos

contaminados evaluó la capacidad del geranio (*Pelargonium zonale*) para remover arsénico (As), cadmio (Cd) y cobre (Cu) de suelos contaminados en esta investigación, se cultivó el geranio en condiciones ex situ, durante un periodo de seis semanas, en muestras de suelo obtenidas del botadero El Milagro de la ciudad de Trujillo (Perú). Las concentraciones de Arsénico, Cadmio y Cobre en las muestras de suelo disminuyeron significativamente tras el periodo de prueba, demostrando una tolerancia hacia los metales, con una disminución del Arsénico, Cadmio de hasta 74% y 79%, respectivamente, con respecto a la concentración inicial, mientras que para Cobre se logró una reducción de hasta 55%. Los metales contaminantes del suelo disminuyeron mediante el cultivo de geranio, donde el mayor porcentaje de remoción se logró para el Cadmio, alcanzando hasta un 79%, para el Arsénico, un 74% de remoción, mientras que la menor tasa de remoción fue obtenida para el Cobre (55%), todos los resultados durante el periodo de seis semanas de cultivo.

Siendo relevante de esta investigación demostrar la eficacia del cultivo de geranio para disminuir los metales pesados en suelos contaminados.

(Valverde, 2019) en su investigación titulada Evaluación de *Pelargonium zonale* para fito extraer plomo de suelos agrícolas en El Mantaro - Jauja evaluó la capacidad de *Pelargonium zonale* para fito-extraer plomo de los suelos agrícolas contaminados de la Estación Experimental Agrícola “El Mantaro” de la UNCP. La investigación es de tipo aplicada, de nivel explicativo. Se usó el método experimental, donde se manipulan dos variables, en tres niveles cada uno y se busca conocer los efectos de su interacción en la eficiencia de la fitoextracción. La población se constituyó por los suelos agrícolas de la Estación Experimental de la Universidad Nacional del Centro del Perú, la muestra la constituyeron los suelos de las nueve parcelas de 9 m² cada una, el área total de trabajo fue 81 m², donde se plantaron *P. zonale* en un periodo de experimentación de 15 meses. Se realizó el muestreo de las parcelas para la recolección de datos de caracterización de suelos antes de la fitoextracción, estas nueve muestras se analizaron a través de ensayos físicos y químicos por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En base a los resultados se concluye

que el *Pelargonium zonale* es tolerante a este metal pesado, pudiendo desarrollarse en medios que superan los 500 ppm y también que tiene la capacidad de concentrar plomo en sus tejidos, siendo las raíces las que acumulan la mayor cantidad; logrando que la concentración de plomo de los suelos disminuya, obteniendo una eficiencia de fitoextracción de hasta 31,37 %; sin embargo, los resultados finales no entran en los límites máximos permisibles para suelos agrícolas de acuerdo con el Decreto Supremo N°002-2013-MINAM.

Lo significativo de esta investigación fue el uso del *Pelargonium* en la fitoextracción de plomo en suelos. Se analizaron el pH, la tolerancia de la planta al metal pesado, y la concentración del plomo en las raíces de la planta de la fitoextracción realizada a un 31,37%.

(Ancco, 2018) en su investigación que lleva por título Fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando ray – grass híbrido (*Lolium hybridum* hausskn) utilizando humus comercial y compost en el distrito de viques – provincia de Huancayo – departamento de Junín evaluó la eficiencia de remoción y la capacidad extractora del Plomo del Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn), adicionando dos biofertilizantes comerciales en suelos contaminados con plomo. La investigación es de tipo aplicada, de nivel explicativo y correlacional, teniendo un método es experimental, donde se manipulan dos variables, en tres niveles cada uno y se busca conocer los efectos de su interacción en la eficiencia de la fitoextracción. Se tuvo como población de estudio a los suelos contaminados con plomo del distrito de Viques, provincia de Huancayo, departamento de Junín, la investigación fue realizada en un laboratorio experimental usando instrumentos de registro y electrónicos, durante un periodo de 3 meses. Para la muestra se usaron 9 Parcelas (de 4 m² cada una) teniendo al suelo donde se le adicionó fertilizante comercial una menor concentración de plomo (57.57) después de la fitoextracción con Ray Gras aquel, rebajando la concentración de plomo por debajo del ECA (70 ppm), debido a que este contiene mayor concentración de sustancias fijadoras del nitrógeno, las cuales son indispensables para potenciación de la fitoextracción y la alimentación de las plantas. Los FBC tanto de la parte aérea y raíz del *ray grass* híbrido, posiblemente se deba a la elevada concentración de plomo en el suelo

(189.94 ppm), concluyendo que el *ray gras* híbrido es una planta excluyente por tener un FBC<1. Finalmente, con la evidencia estadística se concluyó que los tratamientos con compost y biofertilizante influyen significativamente en la eficiencia de remoción del plomo ($p<0.05$) con Ray Gras Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn). El biofertilizante comercial produce un porcentaje elevado de remoción media de plomo (69.883 ppm) en comparación con los demás tratamientos.

La pertinencia de esta investigación fue la influencia de la adición de biofertilizante en los suelos contaminados con plomo, así como metodología realizada en un tiempo de 3 meses.

2.2. Bases teóricas

- Biorremediación

Uno de los tratamientos para suelos contaminados es la biorremediación; esta biotecnología trata de corregir los desequilibrios causados en el medio ambiente por actividades industriales que alteran los ecosistemas naturales mediante contaminación biológica o química por medio de la transformación de los contaminantes en productos inocuos. Ante esto es preciso señalar que, la fitorremediación es una de las vertientes de la biorremediación que puede considerarse una tecnología alternativa rentable y sostenible (Robinson et al. 2006), la cual emplea plantas (flora arbórea, herbácea, arbustiva) (Rahimi y Manavi, 2010) que tienen la capacidad de poder almacenar y eliminar sustancias tóxicas a través de procesos metabólicos, principalmente metales pesados, por lo que son conocidas como plantas hiperacumuladoras, asimismo, la fitorremediación es considerada una técnica ambientalmente amigable que se enfoca en el uso de especies vegetales y la capacidad de ellas de absorber, acumular y tolerar altas concentraciones de sustancias contaminantes (Ferrua, 2021).

- **Fitorremediación**

La fitorremediación es una tecnología que reduce la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas, con capacidad de usarse in situ o ex situ (Delgadillo et al. 2011).

Esta tecnología usa de plantas para hacer que los contaminantes del suelo no sean tóxicos, y a menudo también se denomina biorremediación, biorremediación botánica y remediación verde. La idea de utilizar plantas raras que hiperacumulan metales para eliminar y reciclar selectivamente el exceso de metales del suelo se introdujo en 1983. (Chaney et al. 1997)

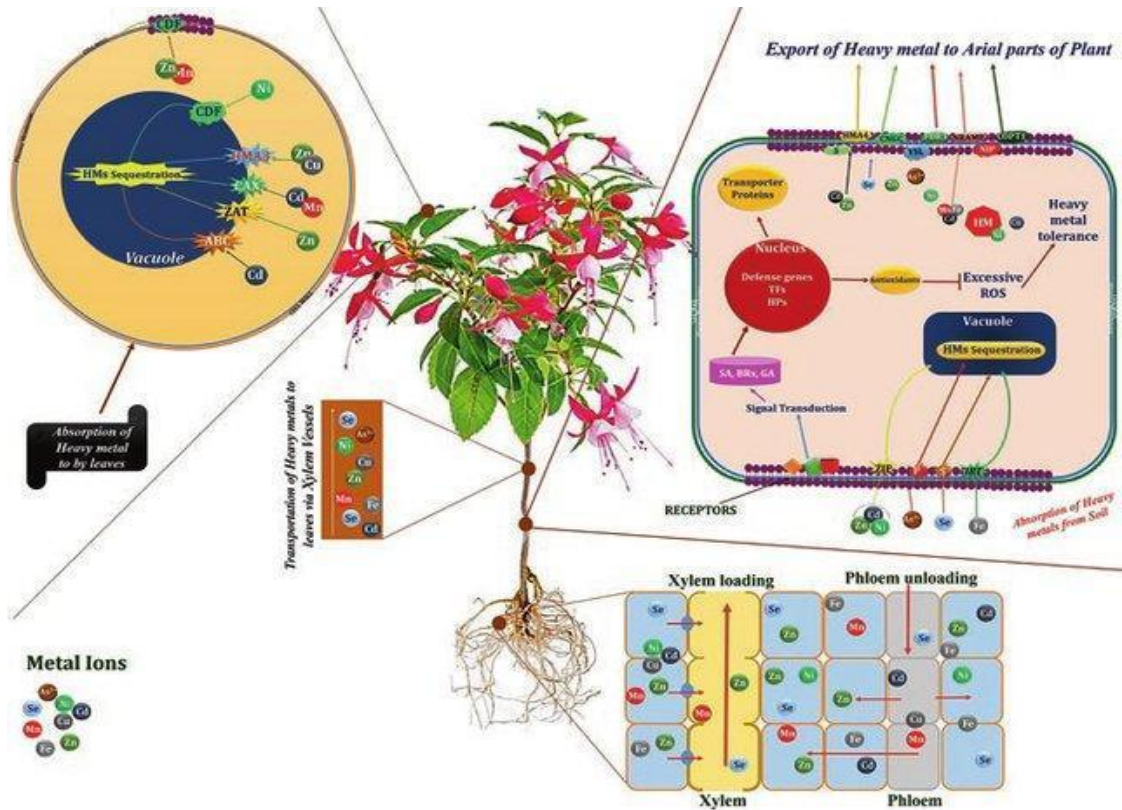
Incluyendo en sus definiciones que es una técnica biológica que se basa en usar las plantas para poder reducir la concentración o el nivel de peligrosidad de los contaminantes orgánicos e inorgánicos del suelo, aire, agua, mediante procesos bioquímicos que son realizados por microorganismos y plantas que mediante su raíz conducen a la reducción, degradación, estabilización y volatilización de distintos tipos de contaminantes (Nuñez et al. 2004).

Esta tecnología logra reducir el nivel de concentración de los metales pesados in situ y ex situ obteniendo resultados positivos en la disminución del nivel de contaminación del suelo (Delgadillo et al. 2011). Además, se considera una metodología amigable con el medio ambiente ya que reduce la movilidad y lixiviación de los metales pesados (Awa y Hadibarata, 2020).

Suele ser usada en casos de emergencia, teniendo un amplio potencial para tratar los contaminantes debido a que aprovecha los procesos fisiológicos de distintos tipos de plantas con el fin de degradar, remover, contener o inmovilizar contaminantes en suelo y agua, incluso es de menor costo comparado con otras tecnologías (Environmental Protection Agency 2000).

Figura 1.

Captación y transporte de metales pesados en las plantas a través de varios transportadores de metales en la membrana plasmática



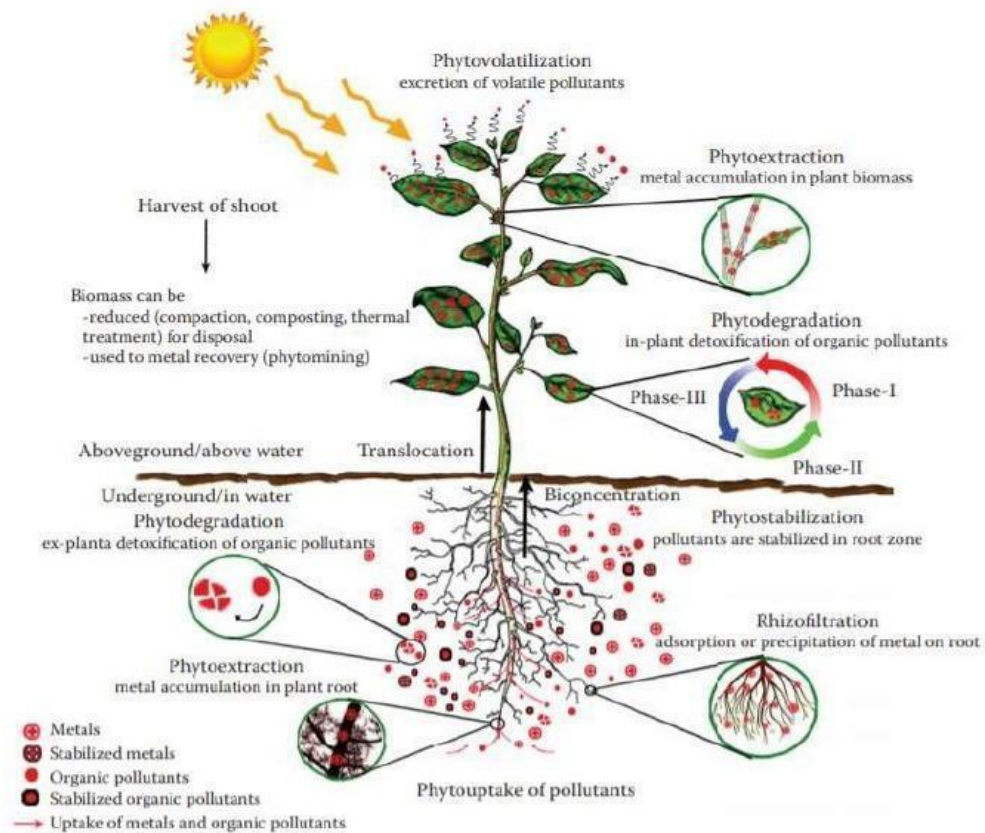
Nota. Tomado de “System Biology of Metal Tolerance in Plants: An Integrated View of Genomics, Transcriptomics, Metabolomics, and Phenomics”, (Khalid, Aqeel y Noman, 2019) pg. 113.

- Categorías de fitorremediación

Las categorías de fitorremediación incluyen la fitoextracción que es el uso de plantas para eliminar contaminantes de los suelos, la fitovolatilización que hace énfasis en el uso de plantas para fabricar especies químicas volátiles de elementos del suelo, la rizofiltración donde las raíces es la principal parte de las plantas que funcionan para eliminar contaminantes, y la fitoestabilización que es el proceso de transformar los metales del suelo en formas menos tóxicas, pero sin eliminar el metal del suelo (Chaney et al. 1997).

Figura 2.

Mecanismos de fitorremediación en una planta



Nota. Tomado de “Phytoremediation of environmental pollutants” (Chandra, Dubey, Kumar 2018) pg.23.

- ***Pelargonium hortorum***

El *Pelargonium hortorum*, es una especie con potencial para fitorremediar suelos contaminados, debido a su acción como fitoestabilizador, hiperacumulador, biomonitor y metalófito facultativo (Pandey, Sarkar y Pandey, 2019). Estas plantas con potencial para aplicaciones de fitorremediación deben presentar características como ser de rápido crecimiento y alta productividad de biomasa, además de ser tolerantes y buenas acumuladoras de metales pesados (Orroño, Lavado 2009).

El género *Pelargonium* tienen capacidad de producir una biomasa elevada y de acumular los metales pesados, pero a condiciones geográficas y climáticas son vulnerables, por ello se requiere la necesidad de mejorar la fitodisponibilidad

del contaminante (Gul et al. 2019). Las especies de *Pelargonium* además de ser hiperacumuladores de metales, también tienen la capacidad de acidificar el pH del suelo. (Arshad et al. 2020)

- **Suelo**

El suelo es un material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad – ECA SUELO. (Ministerio del Ambiente, 2017)

- **Suelo contaminado**

El suelo contaminado es aquel cuya calidad ha sido alterada como consecuencia del vertido indirecto o directo de residuos o productos peligrosos y tóxicos, el resultado del vertido es la presencia de alguna sustancia en concentraciones tales que confieren al suelo propiedades nocivas, insalubres, molestas o peligrosas para algún fin (Encinas, 2011).

De acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, el suelo contaminado es aquel cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana. Comúnmente llegan distintos contaminantes y su tiempo de residencia en el suelo es alto; generando efectos negativos a los organismos (animales y plantas) que oscila desde daño medio a daño alto (Bautista, 1999).

Las consecuencias directas de esta contaminación del suelo son la desaparición de la vegetación, disminución de la biodiversidad y pérdida de su productividad; indirectamente se menciona la contaminación del aire, y aguas superficiales y subterráneas (Wong, 2003).

- **Metales Pesados**

La tabla periódica consta de 70 elementos que forman parte del grupo de los metales, de estos 59 se consideran metales pesados, que son los que

presentan el peso atómico mayor al del hierro (55,58 g/mol) (Galán y Romero, 2008).

Estos elementos se encuentran de forma natural en bajas concentraciones en suelos, y muchos de ellos son esenciales micronutrientes para humanos, animales y plantas; sin embargo, teniendo altas concentraciones pueden causar fitotoxicidad y un daño al ser humano, esto debido a que tienen una naturaleza no biodegradable, lo que genera que sean fáciles de acumular en los organismos vivos y tejidos (Galán y Romero, 2008). Además, de ser del tipo de contaminantes más complejos y persistentes para remediar en la naturaleza, ya que no solo degradan la calidad de la atmósfera, de los cuerpos de agua y de los cultivos de alimentos, sino que también amenazan la salud y bienestar de animales y seres humanos, que, a diferencia de la mayoría de los compuestos orgánicos, no están sujetos a degradación metabólica (Londoño, Londoño y Muñoz, 2016)

- **Plomo (Pb)**

El plomo es un metal gris-azulado, que adquiere un color grisáceo cuando se empaña (moja). Es muy flexible, elástico y se funde con gran facilidad. Es resistente a la presencia de los ácidos y a la corrosión atmosférica (Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, 2015).

Este metal se encuentra en cantidades pequeñas en la corteza terrestre y es de origen natural. Comúnmente proviene de actividades realizadas por el ser humano tales así, como la explotación minera, la industria de manufactura, la quema de combustibles fósiles, entre otros (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007). Convirtiéndolo en uno de los contaminantes que más se encuentra en el ambiente, que genera preocupación ya que afecta la salud humana y los ecosistemas (Ortiz et al. 2009).

- **Cadmio (Cd)**

El cadmio es una sustancia natural en la corteza terrestre. Comúnmente se presenta como mineral combinado con otras sustancias tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfato de cadmio y/o

sulfuro de cadmio), y se encuentra en todo tipo de terrenos y rocas, incluso minerales de carbón, abonos minerales en distintas cantidades, algunas veces en menor cantidad y otras en mayor. El cadmio no se oxida fácilmente, y tiene muchos usos incluyendo baterías, pigmentos, revestimientos para metales, y plásticos (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012).

Los suelos contaminados con cadmio tienen una concentración promedio que va de 0.07 a 1.1 mg/kg. En caso de que existan altos valores de pH el cadmio no será móvil, esto posiblemente a la baja solubilidad de los fosfatos y carbonatos; a valores altos de pH el cadmio no es móvil posiblemente por la baja solubilidad de los carbonatos y fosfatos (Bautista, 1999).

- **Normativa Internacional**

Dentro de las teorías usadas se tienen definiciones en normativa internacional de apoyo a los términos mencionados a continuación:

Tabla 1.

Normativa Internacional

NORMA	DESCRIPCIÓN
ISO 11074	<p>Esta norma internacional define una lista de términos utilizados en la elaboración de las normas en el campo de la calidad del suelo.</p> <p>Humus: total de todas las sustancias vegetales y animales muertas y sus productos de transformación orgánica, así como material orgánico insertado a través de actividades antropogénicas que aparecen en y sobre el suelo mineral.</p> <p>Suelo: capa superior de la corteza terrestre transformada por la meteorización y procesos físicos/químicos y biológicos y compuesta de partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos organizados en horizontes genéricos del suelo.</p>
EPA 2000 Introduction to Phytoremediation	<p>La fitorremediación es una biotecnología ecológica y de bajo costo que utiliza plantas para extraer, contener, degradar o inmovilizar contaminantes del ambiente contaminado. La selección de las especies de plantas ideales y las medidas de mejoramiento adecuadas para</p>

NORMA	DESCRIPCIÓN
EPA 3052 Microwave assisted acid digestion of siliceous and Organically based matrices	<p data-bbox="608 309 1406 421">obtener una alta eficiencia de remediación y una gran biomasa valiosa son requisitos esenciales para una fitorremediación exitosa.</p> <p data-bbox="608 439 1406 763">Este método es aplicable a la digestión ácida asistida por microondas de matrices silíceas, matrices orgánicas y otras matrices complejas. Si se requiere un análisis de descomposición total (en relación con la lista de analitos objetivo), se pueden digerir las siguientes matrices: cenizas, tejidos biológicos, aceites, suelos contaminados con petróleo, sedimentos, lodos y suelos. Este método es aplicable para el Cadmio y plomo.</p>
EPA 3051A Microwave assisted acid digestion of Sediments, sludges, soils, and oils	Este método es aplicable a la digestión ácida asistida por microondas de lodos, sedimentos, suelos y aceites para los siguientes elementos: Cadmio, plomo, entre otros.
EPA 3050B: Acid digestion of sediments, sludges, and soils	Este método se ha redactado para proporcionar dos procedimientos de digestión separados, uno para preparación de muestras de sedimentos, lodos y suelos para su análisis por espectrometría de absorción atómica de llama (FLAA) o espectrometría de emisión atómica por plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) y una para la preparación de sedimentos, lodos y muestras de suelo para el análisis de muestras por grafito (GFAA) o espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).

i. Normativa Nacional

Dentro de las teorías usadas se tienen definiciones en normativa nacional de apoyo a los términos mencionados a continuación:

Tabla 2.

Normativa Nacional

NORMA	DESCRIPCIÓN
Constitución Política del Perú Numeral 22	<p data-bbox="619 1883 1390 1912">Artículo 2°.-</p> <p data-bbox="619 1921 1390 1995">A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente</p>

NORMA	DESCRIPCIÓN
	equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.
Ley 28611 Ley General del Ambiente	<p>Artículo I.- Del derecho y deber fundamental Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país en un ambiente sano y el deber de conservar y restaurar los recursos naturales.</p>
Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados	<p>4.13 Medidas de descontaminación Aquellas técnicas de remediación que tienen por objeto eliminar o reducir los contaminantes del sitio hasta alcanzar los ECA para Suelo, los niveles de fondo o los niveles establecidos en el Estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA). Esta clase de medidas pueden contemplar técnicas fisicoquímicas (como la excavación de suelo contaminado, extracción del aire del suelo, bombeo y tratamiento de aguas subterráneas, enjuague de suelos y tratamientos químicos in-situ), biológicas (como la biodegradación in-situ, fitorremediación, landfarming, tratamientos ex-situ, on-site y off-site en biopilas y compostaje), térmicas (como la incineración y desorción térmica), entre otras.</p>
Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo	<p>Artículo 3.- De la superación de los ECA para Suelo De superarse los ECA para Suelo, en aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios, las personas naturales y jurídicas a cargo de estas deben realizar acciones de evaluación y, de ser el caso, ejecutar acciones de remediación de sitios La concentración es la medida de la cantidad de soluto en una cantidad dada de solvente o disolución contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente</p>

2.3. Marco Conceptual

Efectividad del *Pelargonium hortorum*

El *Pelargonium hortorum* tiene potencial para fitorremediar suelos contaminados debido a su acción como hiperacumulador y fitoestabilizador (Pandey, Sarkar y Pandey, 2019), junto a sus características de rápido crecimiento, tolerantes y alta productividad de biomasa (Orroño y Lavado, 2009). La efectividad del *Pelargonium hortorum* se refleja al absorber y/o acumular, en este caso, metales pesados que son el Pb y Cd presentes en los suelos contaminados para lo cual se emplea métodos de ensayos de laboratorio que analizaran las variaciones de las concentraciones de esos metales en las muestras de suelo de los tratamientos empleados.

Fitorremediación de suelos contaminados por Pb y Cd

La fitorremediación es una tecnología usada de manera in situ o ex situ, la cual consiste en reducir la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas (Delgadillo et al. 2011) siendo esta una tecnología amigable con el medio ambiente, de bajo costo y eficaz para reducir el nivel concentración de los metales pesados; y teniendo en cuenta, al distrito de Mi Perú a efectos de esta investigación, el suelo contaminado de la muestra empleada tiene calidad y características alteradas negativamente, con altas concentraciones de plomo y cadmio en los suelos.

Por lo que, la fitorremediación de suelos contaminados por Pb y Cd se determinará mediante la reducción de las concentraciones de estos metales pesados en la muestra de suelo contaminado como resultado de la efectividad del *Pelargonium hortorum*, para lo cual se utilizarán métodos de ensayos de laboratorio.

2.4. Definición de Términos Básicos

- Calidad de suelos

Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas (Ministerio del Ambiente, 2014)

- Compost

Es el producto de un proceso aeróbico, basado en altas temperaturas, bacterias termófilas y mesófilas para higienizar, descomponer y estabilizar la materia orgánica (Mendoza-Hernández, Fornes y Belda, 2014).

Al utilizar compost como aditivo se realiza la mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo contaminado, la reducción de la acidez del suelo y el aumento de la materia orgánica, el N y el P, lo cual facilita el establecimiento y el crecimiento de la planta (Karami et al. 2011).

- Concentración

Es la medida que expresa la cantidad de soluto presente en una cantidad dada de solvente o de solución, la relación obtenida será expresada en unidades de concentración (Rodríguez, 2017)

- Conservación de recursos naturales

La conservación de los recursos naturales y principalmente los hídricos superficiales y subterráneos es una de las actividades prioritarias de la comunidad científica internacional, por ello el estudio de la problemática ambiental y la contaminación de las aguas subterráneas por residuos mineros se ha convertido en una de las principales líneas de investigación dentro del ámbito de las ciencias de la tierra (Rodríguez y García-Cortés, 2006).

- **Contaminación ambiental**

El término contaminación se refiere al incremento anormal de sustancias que pueden ejercer un efecto dañino sobre los organismos en los ecosistemas. A veces, la contaminación es de origen natural, pero, en general, está relacionada con la actividad del hombre, que, en su búsqueda de supervivencia y bienestar, dispersa sustancias agresivas, algunas de las cuales pueden ser transformadas por los organismos vivos (biodegradables) y otras que son persistentes (no biodegradables) (Bautista, 1999).

- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA)**

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (Ministerio del Ambiente, 2014).

- **Ficha de muestreo**

Documento que recoge información levantada en campo, que incluye la técnica de muestreo, las condiciones del punto de muestreo y una descripción de las muestras tomadas (Ministerio del Ambiente, 2014).

- **Humus**

El humus es una fuente de abono utilizada en la producción de cultivos, que, resulta de la recolección de deyecciones de lombrices, las cuales son mantenidas en criaderos acondicionados para tales fines, denominados camas lombriceras (Pérez, Céspedes y Núñez, 2008).

El humus o también conocido como vermicompost, aumenta el crecimiento y la floración de las caléndulas mediante su adición a los sustratos para macetas, de vermicompost preparados a partir de estiércol de vaca y residuos domésticos (Wong, 2003).

- **Impacto ambiental**

Se puede definir como el efecto de las actividades antropogénicas sobre el medio natural y los ecosistemas que se desarrollan sobre la superficie o interior de la corteza terrestre (primeros 2 km), y su trascendencia, magnitud e importancia, derivan de la vulnerabilidad y fragilidad del territorio afectado (Rodríguez y García-Cortés, 2006).

- **Sitio contaminado**

Aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositados por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores representa un riesgo a la salud humana o el ambiente (Ministerio del Ambiente, 2017).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

El *Pelargonium hortorum* es efectivo para fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd del A.H. Virgen de Guadalupe, 2023.

3.1.2. Hipótesis específicas

La muestra de suelo obtenido del A.H. Virgen de Guadalupe contiene Pb y Cd.

El *Pelargonium hortorum* fitorremedia los suelos contaminados con Pb y Cd.

La adición de compost mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* de suelos contaminados con Pb y Cd.

La adición de humus mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* de suelos contaminados con Pb y Cd.

3.2. Operacionalización de variable

Las variables de la investigación cumplen con la siguiente función:

$$Y = f(X)$$

X: Efectividad del *Pelargonium hortorum*.

Y: Fitorremediación de suelos contaminados por Pb y Cd.

Tabla 3.

Operalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	MÉTODO	TÉCNICA
Variable Independiente (Y) 1. Efectividad del <i>Pelargonium hortorum</i>	El <i>Pelargonium hortorum</i> tiene potencial para fitorremediar suelos contaminados debido a su acción como hiperacumulador y fitoestabilizador potencial (Pandey, Sarkar y Pandey, 2019).	La efectividad del <i>Pelargonium hortorum</i> se refleja al absorber y/o acumular el Pb y Cd presentes en los suelos contaminados para lo cual se emplea métodos de ensayos de laboratorio que analizaran las variaciones de las concentraciones de esos metales en las muestras de suelo de los tratamientos empleados.	Variación de concentraciones en los tratamientos	Variación porcentual entre la Concentración final e inicial de Pb $(C_i - C_f) / C_i$	%	Hipótesis - Deductivo	Experimental
				Variación porcentual entre la Concentración final e inicial de Cd $(C_i - C_f) / C_i$	%		
Variable Dependiente (X) 2. Fitorremediación de suelos contaminados por Pb y Cd	La fitorremediación es una tecnología que reducen la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas, con capacidad de usarse in situ o ex situ (Delgadillo et al. 2011).	La fitorremediación de suelos contaminados por Pb y Cd se determinará mediante la reducción de las concentraciones de estos en la muestra de suelo contaminado como resultado de la efectividad del <i>Pelargonium hortorum</i> para lo cual se utilizarán métodos de ensayos de laboratorio.	Reducción de concentraciones	Concentración de Pb en suelo	mg/kg PS		
				Concentración de Cd en suelo	mg/kg PS		

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

Tipo de investigación

La presente investigación es de **tipo aplicada** según lo consultado en “Introducción a la metodología de la investigación” de Daniel S. Behar Rivero y la definición brindada por (Supo 2012).

Recibe este nombre la investigación que obtiene su información de la actividad intencional realizada por el investigador y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y así se observa.

Nivel de investigación

Según (Supo 2012) la presente investigación es de **nivel explicativa** debido a que explica el comportamiento de una variable en función de otra(s) y al ser estudios de causa-efecto requieren control y debe cumplir otros criterios de causalidad. Por otro lado, el control estadístico es multivariado a fin de descartar asociaciones aleatorias, casuales o espurias entre la variable independiente y dependiente.

Asimismo, de acuerdo con (Behar, 2008) la investigación que requiere la combinación de los métodos analítico y sintético, en conjugación con el deductivo y el inductivo ya que busca responder o dar cuenta de los porqués del objeto que se investiga.

Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación tiene un **enfoque cuantitativo**, siendo este secuencial y probatorio que busca describir, explicar, comprobar y predecir los fenómenos (causalidad), generar y probar teoría, para lo cual, se recolectan datos con instrumentos estandarizados y validados y así demostrar su confiabilidad y recopilar la información que ayude a medir con precisión las variables del estudio (Hernández y Mendoza, 2018).

Adicional a ello, para (Behar, 2008) el enfoque cuantitativo recoge información empírica (de cosas o aspectos que se pueden contar, pesar o medir) y que por su naturaleza siempre arroja números como resultado.

Diseño de la investigación

Esta investigación tiene un **diseño experimental**, ya que se cumple dos condiciones: la asignación aleatoria (grupo control) e intervención a propósito de la investigación como señala (Supo 2012). Asimismo, (Behar, 2008) menciona que las investigaciones experimentales puras obtienen su información de la actividad intencional realizada por el investigador y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y así poder observar.

En ese sentido, el investigador desea comprobar los efectos de una intervención específica, en este caso el investigador tiene un papel activo, pues lleva a cabo una intervención.

4.2. Método de investigación

La presente investigación emplea el método hipotético-deductivo, documental y el estadístico como se describe a continuación:

Para (Sánchez, 2019), el método hipotético - deductivo parte de premisas generales para llegar a una conclusión particular, que sería la hipótesis a falsar para contrastar su veracidad, en caso de que lo fuera no solo permitiría el incremento de la teoría de la que partió (generando así un avance cíclico en el conocimiento), sino también el planteamiento de soluciones a problemas tanto de corte teórico o práctico (llamado también pragmático, aplicativo o tecnológico), y en tanto que no, bien podría impulsar su reformulación hasta agotar los intentos para hacerla veraz, o abandonarla y replantear sobre la base de otros preceptos teóricos que indiquen una orientación distinta o alternativa a la anterior. En ese sentido, la presente investigación empleó el método hipotético-deductivo ya que las hipótesis (general y específicas) fueron sometidas a pruebas de veracidad.

El método documental emplea fuentes de carácter documental, esto es, en documentos de cualquier especie, como subtipos de esta investigación encontramos la investigación bibliográfica, la hemerográfica y la archivística; la primera se basa en la consulta de libros, la segunda en artículos o ensayos de revistas y periódicos y la tercera en documentos que se encuentran en los archivos, como cartas, oficios, circulares, expedientes, etc. (Behar, 2008). En ese sentido, la presente investigación inicialmente utilizó el método documental a fin de recopilar información se consultó diversos documentos como libros, revistas, artículos científicos, entre otros.

Por otro lado, según (Ojeda et al., 2011) todos los investigadores que basan sus avances de investigación en la obtención de datos, manejo de datos, e interpretación de información, requieren del método estadístico. Asimismo, según (Barreto-Villanueva 2012) los métodos estadísticos hacen uso de la estadística descriptiva e inferencial para recopilar y estimar caracteres de la población en base a resultados de la muestra. Bajo este contexto, la presente investigación también empleó el método estadístico.

Parte experimental

En el proceso experimental se puede resumir en la Figura 3. Luego se detalla cada una de las etapas a realizar en la parte experimental de la investigación.

i. Determinación de la población

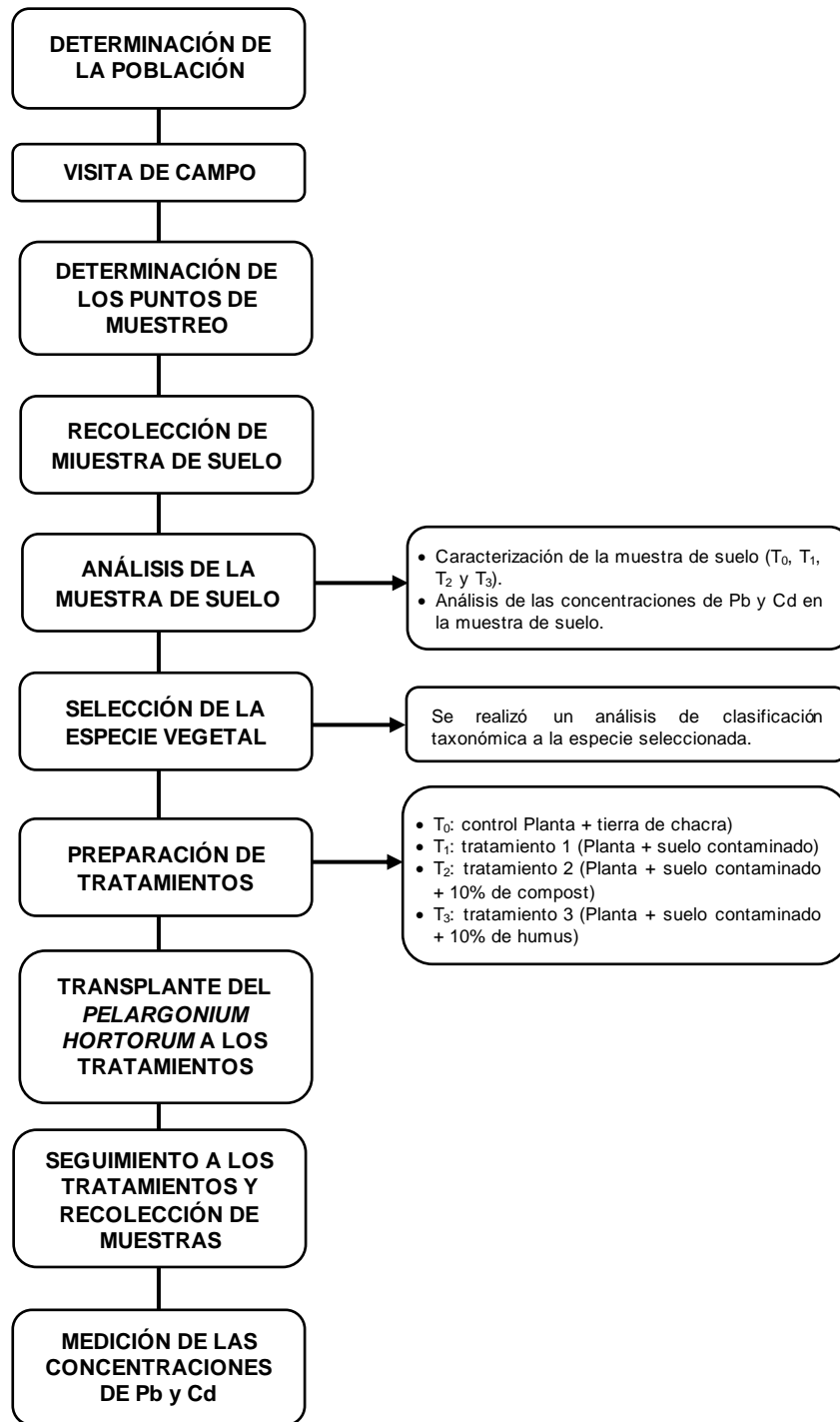
A fin de determinar la población de esta investigación se consideró las fuentes bibliográficas existentes, tales como, OEFA y DIGESA, que señalan la existencia de contaminación del suelo en el Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe por presencia de metales pesados (Pb y Cd).

ii. Visita de campo

Se realizó una visita de campo previa a la recolección a la muestra el día 12 de marzo de 2023 a fin de identificar la accesibilidad de la zona de estudio y definir los puntos de muestro.

Figura 3 .

Diagrama de flujo de procedimiento experimental.



iii. Determinación de los puntos de muestreo

El muestreo de los puntos fue aleatorio en concordancia con la Guía para el muestreo de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM,

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo (en adelante, Guía para el muestreo de suelos), bajo ese contexto, se seleccionaron cuatro (4) puntos y se empleó un GPS marca Garmin a fin de determinar las coordenadas UTM de cada uno de ellos.

En la siguiente tabla se detallan dichos puntos.

Tabla 4.

Puntos de muestreo de suelos

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADA UTM (*)		ALTITUD (m.s.n.m.)	DESCRIPCIÓN
	NORTE	ESTE		
SU-01	8 687 964	0 268 639	94	A la espalda del mercado del A.H. Virgen de Guadalupe
SU-02	8 687 758	0 268 641	84	Frente a la loza deportiva y Parque del A.H. de Virgen de Guadalupe
SU-03	8 687 614	0 268 728	92	Frente al parte industrial
SU-04	8 687 628	0 268 747	98	Frente a la vivienda Mz A Lt. 1 – A.H. Virgen de Guadalupe

(*) Coordenadas establecidas en el sistema WGS84; zona 18 S.

iv. Recolección de la muestra de suelo

Para la toma de muestras se consideró los lineamientos establecidos en la Guía de muestreo de suelos, el cual indica en el ítem 2.2 que la profundidad del muestreo para suelos residenciales/parques es de 10 cm – 30 cm (ver Tabla 6). Asimismo, se emplearon los siguientes materiales para la recolección.

Tabla 5.

Materiales empleados en la recolección de muestra de suelos

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Pala	1
2	Bolsa hermética (ziploc)	12
3	Botella de plástico	7

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
4	Botella ámbar	1

Tabla 6.

Profundidad del muestreo según el uso de suelo

USOS DE SUELO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO
Suelo Agrícola	0 - 30 cm ⁽¹⁾ 30 - 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0-10 cm ⁽²⁾ 10-30 cm ⁽³⁾
Suelo Comercial/Industrial – Extractivo	0-10 cm ⁽⁴⁾

Nota: Guía para muestreo de suelos

⁽¹⁾ *Profundidad de aradura.*

⁽²⁾ *Capa de contacto oral o dermal de contaminantes.*

⁽³⁾ *Profundidad máxima alcanzable por niños.*

v. Análisis de la muestra de suelo

La muestra de suelo contaminado recolectado del A.H. Virgen de Guadalupe fue homogenizada para obtener una muestra compuesta y representativa de la zona de estudio. Luego de ello, dicha muestra fue trasladada a la Universidad Nacional del Callao (UNAC) para su tamizado a fin de eliminar impurezas y/o materiales extraños presente en la muestra.

Es preciso señalar, que una parte de dicha muestra fue ingresada a los laboratorios acreditados para su caracterización, del cual se consideraron los parámetros detallados en la Tabla 7.

vi. Selección de la especie vegetal

Luego de una búsqueda bibliográfica se consideró emplear la especie *Pelargonium hortorum*. Se seleccionaron 4 ejemplares del Vivero Forestal de la Universidad Agraria La Molina (UNALM) de aproximadamente 3 meses de cultivo, de los cuales un ejemplar fue sometido a una clasificación taxonómica

en el Herbolario del Museo Natural de Biología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) a fin de garantizar el empleo de la referida especie. (ver Anexos)

Tabla 7.

Caracterización de la muestra de suelo

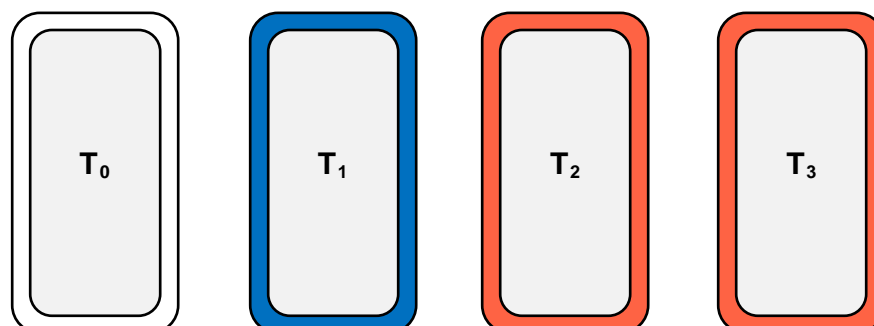
N°	Parámetros	
1	Ph	
2	Conductividad eléctrica	
3	Fósforo	
4	Potasio	
5	CaCO ₃	
6	% materia orgánica	
7	Textura	% arena
		% limo
		% arcilla
8	CIC (Capacidad de intercambio catiónico)	
9	Metales	

vii. Preparación de tratamientos

Se rotularon 4 macetas en función a los tratamientos a emplear.

Figura 4.

Tratamientos



Donde:

- T₀: Control (Planta + tierra de chacra)

- T₁: tratamiento 1 (Planta + suelo contaminado)
- T₂: tratamiento 2 (Planta + suelo contaminado + 10% de compost)
- T₃: tratamiento 3 (Planta + suelo contaminado + 10% de humus)

La muestra de suelo contaminado previamente tamizado fue distribuida en 3 macetas. En cada una de las macetas se adicionaron las siguientes cantidades de suelo y aditivo a fin de determinar cada tratamiento.

Tabla 8.

Cantidad de suelo y aditivo por tratamiento

Tratamientos	Suelo		Aditivo	
	Cantidad	Tipo	Cantidad	Tipo
T ₀	7 kg	Tierra chacra	-	-
T ₁	7 kg	Suelo contaminado	-	-
T ₂	7 kg	Suelo contaminado	10% de 7 Kg (700 g)	Compost
T ₃	7 kg	Suelo contaminado	10% de 7 Kg (700 g)	Humus

Luego, cada maceta fue rotulada para permitir su diferenciación.

En relación con los tratamientos T₀, T₂ y T₃ determinados en la presente investigación, estas muestras de suelo también fueron caracterizadas en un laboratorio acreditado.

viii. Trasplante del *Pelargonium hortorum* a los tratamientos

Las especies de *Pelargonium hortorum* fueron trasladadas a cada uno de los tratamientos detallados en el Tabla 7.

ix. Seguimiento a los tratamientos y recolección de muestras

Durante el desarrollo de la parte experimental se desarrolló el seguimiento a cada uno de los tratamientos mediante la toma de las fotografías con una frecuencia semanal. Asimismo, se recolectaron muestras de suelo de cada tratamiento (aproximadamente 1 Kg) en 2 ocasiones para su posterior análisis de laboratorio.

x. Medición de las concentraciones de Pb y Cd

El suelo de los tratamientos (T_1 , T_2 y T_3) fueron analizados en 3 ocasiones: (i) al inicio, en el proceso de recolección de muestra (C_0); (ii) a los 20 días de iniciado el proceso de fitorremediación (C_i) y (iii) a los 40 días de iniciado el proceso de fitorremediación (C_f), esto a fin de determinar la efectividad de cada uno de los tratamientos.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población de la presente investigación es el suelo contaminado con los metales plomo y cadmio del A.H. Virgen de Guadalupe en el distrito de Mi Perú.

4.3.2. Muestra

Para la investigación se utilizó el muestreo por conveniencia que es parte del muestreo no probabilístico, debido a que la elección de la muestra es deliberada porque no hay ningún procedimiento, ninguna acción ni razón para seleccionar la muestra (Supo 2014).

Por ende, se realizó la toma de 30 kg de muestra de suelo contaminado con metales pesados plomo y cadmio proveniente del A.H. Virgen de Guadalupe en el distrito de Mi Perú (en referencia a la metodología).

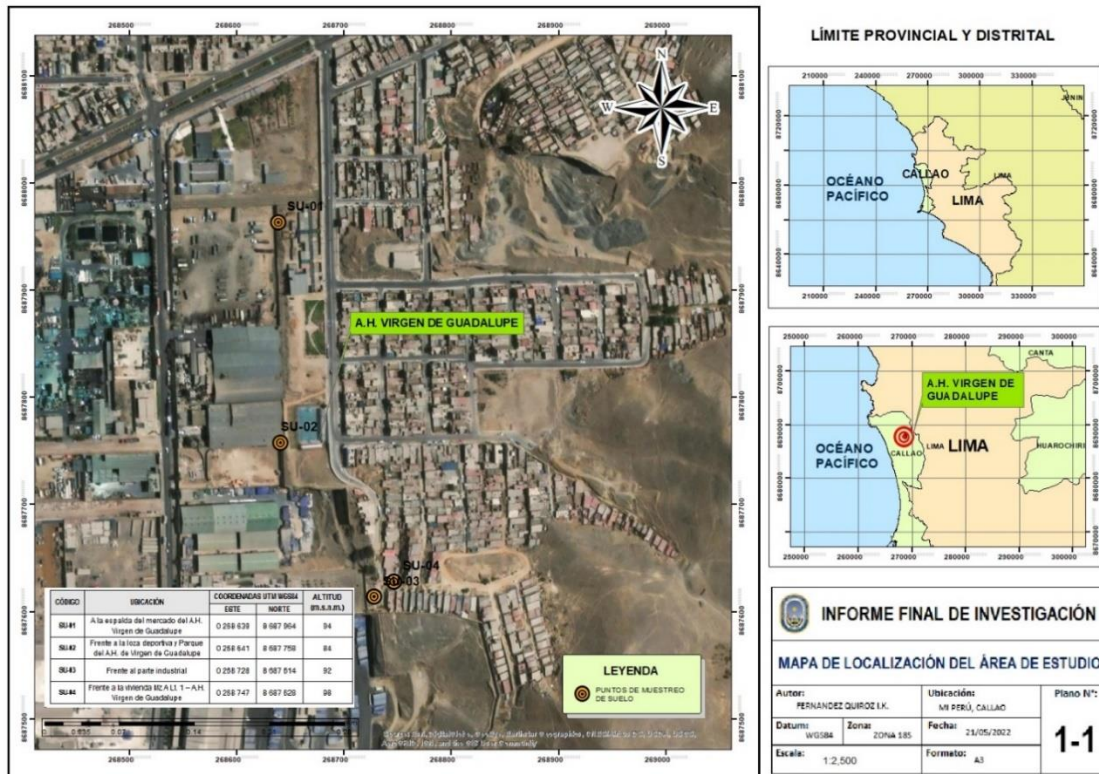
4.4. Lugar de estudio

El lugar de estudio como se observa en la siguiente figura, se encuentra ubicado en el A.H. Virgen de Guadalupe en el distrito de Mi Perú en la provincia constitucional del Callao, el cual, se encuentra al costado de la Parque Industrial de Ventanilla. Asimismo, se describe geográficamente en las coordenadas geográficas $11^{\circ}51'15''$ de latitud sur y $77^{\circ}07'21''$ de longitud este del meridiano de Greenwich; cabe indicar que, se seleccionó este lugar debido a la información recolectada de fuentes oficiales como el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) que presenta en el Informe N°021-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO, el Plan de evaluación ambiental en el ámbito de la Zona Industrial de Ventanilla - Mi Perú, Provincia Constitucional del Callao durante el

año 2017, la existencia de concentraciones de plomo y cadmio que excedieron la norma de comparación de contaminación del suelo por metales pesados en referido lugar.

Figura 5.

Mapa de lugar de estudio



4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon fuentes de información obtenidas de trabajos académicos y/o de carácter científico, tales como: tesis de pregrado y postgrado, artículos científicos y otros estudios de organismos gubernamentales (ministerios, gobiernos regionales y distritales, entre otros). Asimismo, se hizo uso de técnicas e instrumentos para recolección y análisis de datos durante el desarrollo de la investigación como la ficha de muestreo que se adjunta en el Anexo 2.

Tabla 9.*Métodos, instrumentos y equipos*

VARIABLES	INDICADORES	UNIDADES	TÉCNICA / INSTRUMENTOS
Efectividad del <i>Pelargonium hortorum</i>	Variación porcentual entre la concentración final e inicial de Pb ($C_i - C_f$) / C_i	%	Método de ensayo de laboratorio: EPA 3050 EPA 3051 EPA 3052
	Variación porcentual entre la concentración final e inicial de Cd ($C_i - C_f$) / C_i	%	
Fitorremediación de suelos contaminados por Pb y Cd	Concentración de plomo (Pb) en suelo	mg/kg PS	Método de ensayo de laboratorio: EPA 3050 EPA 3051 EPA 3052
	Concentración de cadmio (Cd) en suelo	mg/kg PS	

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Debido a la escala de las variables de estudio (razón), se utilizó el análisis descriptivo para cada etapa; procediendo a analizar los datos a través de gráficos de líneas y de barras, los cuales permitieron visualizar la relación entre la reducción de los parámetros analizados, variabilidad de crecimiento y parámetros fisicoquímicos aplicando a la especie de *Pelargonium hortorum* en los tratamientos empleados en esta investigación.

Programa de Microsoft Excel:

Permitió tabular los datos obtenidos en las evaluaciones realizadas en campo, facilitando la obtención de resultados.

Software SPSS Statistics 25:

Se encargó de brindar cuadros y diagramas para realizar las apreciaciones correspondientes a la relación de las variables y se trabajó con los valores obtenidos; para ello, se utilizaron los siguientes métodos:

Prueba de efecto intersujeto

Con la finalidad de analizar la tabla de varianzas de los resultados obtenidos, se realizó la prueba de efecto intersujeto, donde cada término del modelo, más el modelo en su conjunto se prueba por su capacidad para tener en cuenta la variación en la variable dependiente: fitorremediación de suelos contaminados por plomo y cadmio.

Prueba de hipótesis

Se realizó la prueba de hipótesis, con la finalidad de comprobar si la aplicación de la especie fitorremediadora y aditivos logran reducir la concentración del plomo y cadmio en los tratamientos T₁, T₂ y T₃.

ANOVA

El estadístico de ANOVA ayudó a determinar las diferencias significativas entre las eficiencias fitorremediadoras, comparando con diversos grupos.

4.7. Aspectos Éticos en Investigación

La investigación contiene información con reconocimiento de fuentes y autores, aportes científicos y técnicos correctamente citados sin vulnerar el carácter genuino de la patente intelectual de los autores.

Asimismo, para su desarrollo se ha hecho uso de la estructura y contenido ha sido cautelado de acuerdo con la Directiva N° 004-2022-R, Directiva para la elaboración de proyecto e informe final de investigación de pregrado, posgrado, equipos, centros e institutos de investigación. Además, hay que informar que no se ha generado riesgo ni se ha vulnerado el medio ambiente durante el desarrollo de investigación.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

En este apartado se detallarán los resultados en función al cumplimiento de los objetivos de la investigación.

5.1.1. Análisis y caracterización del suelo

Como se mencionó en el capítulo de IV: metodología del proyecto, en el subíndice Análisis de la muestra de suelo existen diferentes evaluaciones para las muestras seleccionadas, tales como, la tierra de chacra (T_0), muestra de suelo contaminado (T_1) y las muestras a las que se adicionaron humus comercial (T_3) y compost comercial (T_4), las cuales fueron caracterizadas en laboratorios acreditados a fin de obtener resultados confiables que permitan conocer las características iniciales (propiedades físicas y químicas) de los suelos que se usaran en los tratamientos. Por lo que, en la Tabla 10 se presentan los resultados y se ha nombrado a cada tipo de suelo analizado y/o aditivo agregado, siendo SU-01: muestra de suelo del A.H. Virgen de Guadalupe, SU-02: muestra de tierra de chacra, SU-03: muestra de compost comercial y SU-04: muestra de humus comercial.

Como se puede observar en la Tabla 10, SU-01 (muestra de suelo del A.H. Virgen de Guadalupe) presenta textura ARENA, pH de 7.86 y conductividad eléctrica de 8.842 mS/cm, siendo estos mayores en comparación con los demás muestras de suelo analizadas; caso contrario a la cantidad de fósforo (1.4 mg/l), potasio (4.27 mg/l), CaCO_3 (2.20 mg/l) y 0.39% de materia orgánica, siendo estos valores los menores en comparación con los demás muestras de suelo, además, la CIC de SU-02 fue de 6.10 meq/100g . En el caso de SU-02 (muestra de tierra de chacra) presentó textura ARENA FRANCA, pH de 7.53 y conductividad eléctrica de 3.044 mS/cm, siendo estos los menores en comparación con los demás muestras de suelo analizado; caso contrario a la cantidad de fósforo (7.4 mg/l), potasio (35.27 mg/l), CaCO_3 (3.66 mg/l), 34.04% de materia orgánica y la CIC fue de 26.45 meq/100g, siendo los mayores en comparación con los demás muestras de suelos. Finalmente, para los aditivos orgánicos como SU-03

(muestra de compost comercial) y SU-04 (muestra de humus comercial) se reportaron valores que oscilan entre los resultados de SU-01 y SU-02. Es preciso indicar que para SU-03, el pH fue de 7.61 y conductividad eléctrica de 8.343 mS/cm, fósforo (3.1 mg/l), potasio (11.01 mg/l), CaCO₃ (2.68 mg/l), 1.36% de materia orgánica y la CIC fue de 5.27 meq/100g; para el SU-04 el pH fue de 7.76 y conductividad eléctrica de 5.630 mS/cm, fósforo (2.4 mg/l), potasio (13.21 mg/l), CaCO₃ (2.78 mg/l), 0.85% de materia orgánica y la CIC fue de 6.74 meq/100g.

Tabla 10.

Caracterización de la muestra de suelo

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
		SU-01	SU-02	SU-03	SU-04
pH	unidades de pH	7.86	7.53	7.61	7.76
Conductividad eléctrica	mS/cm	8.842	3.044	8.343	5.630
Fósforo	mg/l	1.4	7.4	3.1	2.5
Potasio	mg/l	4.27	35.27	11.01	13.21
CaCO ₃	mg/l	2.20	3.66	2.68	2.78
% materia orgánica	%	0.39	34.04	1.36	0.85
Textura	% arena	1.42	1.43	-	-
	% limo	86.90	82.53	-	-
	% arcilla	11.68	16.04	-	-
	-	-	ARENA	ARENA FRANCA	-
CIC (Capacidad de intercambio catiónico)	meq/100 g	6.10	26.45	5.27	6.74

Nota: Informe de ensayo N° 05405L/23-MA y N° 05406L/23-MA

Luego de la caracterización de los suelos usados en los tratamientos, se determinaron las concentraciones iniciales (C₀) de los metales Pb y Cd de la muestra del suelo obtenido del A.H. Virgen de Guadalupe, como se presentan a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11.

Concentraciones iniciales de Pb y Cd en el Tratamiento T₁ (muestra de suelo contaminado)

PARÁMETRO	UNIDAD	C ₀	ECA Suelo residencial / Parques (*) (mg/kg PS)	NORMA DE COMPARACIÓN
Plomo (Pb)	mg/kg PS	156.64	140	"Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo" Decreto Supremo N° 011-2017- MINAM Suelo Residencial / Parques
Cadmio (Cd)	mg/kg PS	9.04	10	

(*) Suelo residencial/parques: Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento

Nota: Informe de Ensayo 2304-144.

Teniendo en cuenta que el ECA para suelo es la normativa establece el valor referencial de concentración de una sustancia en el suelo, que no representa un riesgo significativo para la salud de las personas ni el medio ambiente, en la Tabla 11 se compararon las concentraciones de Pb y Cd con el valor del ECA para suelo residencial/parques, es así que, se puede observar que la concentración del Pb es de 156.64 mg/kg PS valor que supera el ECA, mientras que la concentración de Cd es de 9.04 mg/kg PS, valor muy cercano al ECA. Es preciso indicar que, la muestra fue tomada en una zona con presencia de viviendas, mercados, parques y lugares de recreación, se puede visualizar que los valores de tales metales pesados son altos, además esta zona se encuentra en un asentamiento humano colindante al Parque Industrial de Ventanilla.

5.1.2. Análisis de las concentraciones de Plomo y Cadmio en suelo contaminado

En la presente se van a detallar los valores del tratamiento 1, el cual consiste en la evaluación directa del suelo contaminado con la presencia del

Pelargonium hortorum, sistematizados en la Tabla 12 con los resultados de las concentraciones de Pb y Cd, los datos de las concentraciones iniciales representados como C_0 (concentración inicial), los datos de las concentraciones medias representados como C_i (concentración intermedia) a los 20 días desde el inicio del tratamiento, los datos de las concentraciones medias representados como C_f (concentración final) a los 40 días desde el inicio del tratamiento, pudiendo visualizar la disminución significativa en las concentraciones finales, tal como se muestra a continuación.

Tabla 12.

Concentraciones de Pb y Cd en el Tratamiento T₁

DESCRIPCIÓN	C_0 (mg/Kg)	C_i (mg/Kg)	C_f (mg/Kg)
Concentración de Pb	156.64	45.16	47.12
Concentración de Cd	9.04	0.95	0.99

Nota: Informe de Ensayo N° 2304-144, N° 2306-23 y N° 2306-151

Como se muestra en la Tabla 12, las concentraciones de Pb y Cd se han disminuido considerablemente pasando de 156.64 mg/Kg PS (C_0) a 45.16 mg/Kg PS (C_i) en el Pb y 9.04 mg/Kg PS (C_0) a 0.95 mg/Kg PS (C_i) en el Cd a 20 días de iniciado el tratamiento; y a 47.12 mg/Kg PS (C_f) para el Pb a 0.99 mg/Kg PS (C_f) para el Cd al finalizar el tratamiento de 40 días. Es decir que, el valor inicial de Pb que superaba el valor del ECA para suelo residencial y parques, se ha reducido considerablemente y se encuentran debajo del valor de referencia, al igual que para el Cd donde los valores son menores, esto se puede visualizar mejor en las Figuras 6 y 7 que presentan la variación de las concentraciones para el tratamiento 1 por cada metal, además de incluir el valor de referencia en el ECA Suelo para su uso residencial y parques.

Figura 6.

Concentraciones de Pb en el Tratamiento T₁ y su comparación con el ECA

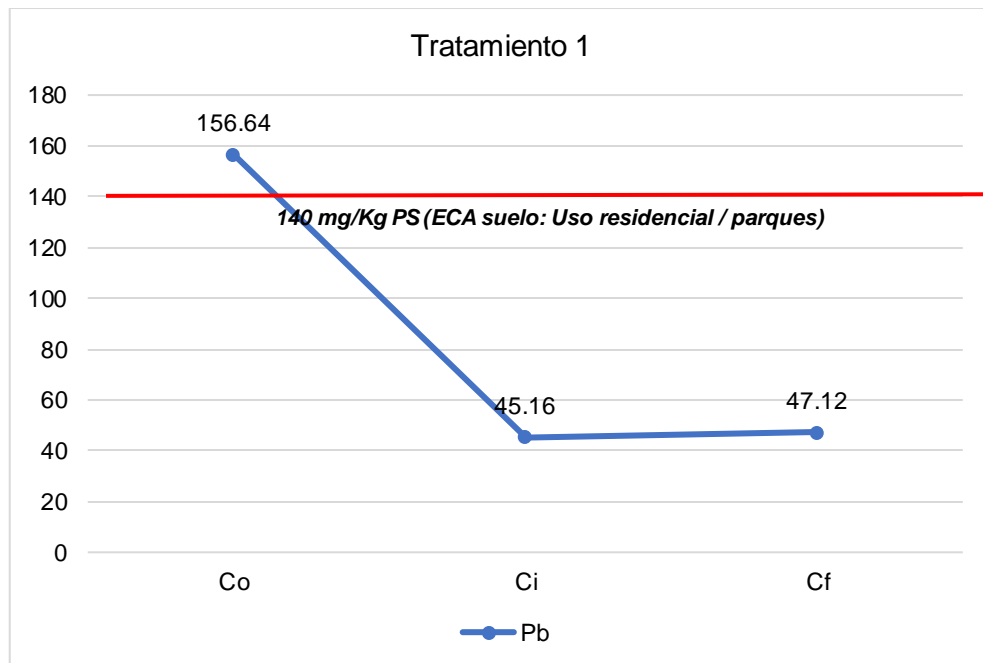
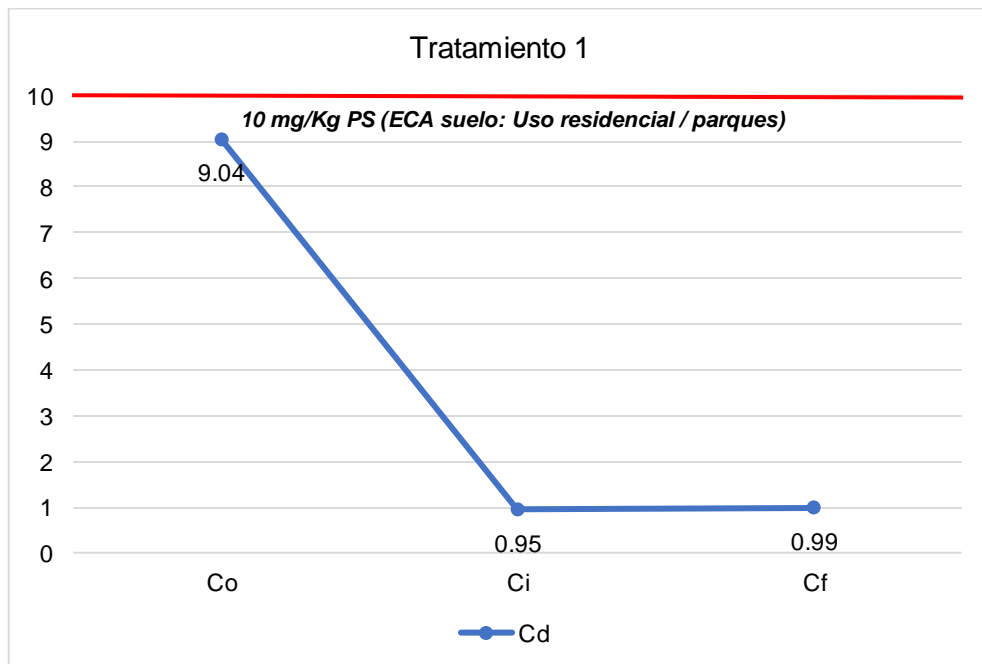


Figura 7.

Concentraciones de Cd en el Tratamiento T₁ y su comparación con el ECA



5.1.3. Análisis de la concentración de Pb y Cd en suelo contaminado y el aditivo compost

En la presente se van a detallar los valores del tratamiento 2, el cual consiste en la evaluación del suelo contaminado con el aditivo compost y la presencia del *Pelargonium hortorum*, sistematizados en la tabla 13 con los resultados de las concentraciones de Pb y Cd, los datos de las concentraciones iniciales representados como C_0 (concentración inicial), los datos de las concentraciones medias representados como C_i (concentración intermedia) a los 20 días desde el inicio del tratamiento, los datos de las concentraciones medias representados como C_f (concentración final) a los 40 días desde el inicio del tratamiento, pudiendo visualizar la disminución significativa en las concentraciones finales, tal como se muestra a continuación.

Tabla 13.

Concentraciones de Pb y Cd en el Tratamiento T₂

DESCRIPCIÓN	C_0 (mg/Kg)PS	C_i (mg/Kg)PS	C_f (mg/Kg)PS
Concentración de Pb	156.64	79.36	67.97
Concentración de Cd	9.04	2.29	1.56

Nota: Informe de Ensayo N° 2304-144, N° 2306-23 y N° 2306-151

Como se muestra en la Tabla 13, las concentraciones de Pb y Cd se han disminuido considerablemente pasando de 156.64 mg/Kg PS (C_0) a 79.36 mg/Kg PS (C_i) en el Pb y 9.04 mg/Kg PS (C_0) a 2.29 mg/Kg PS (C_i) en el Cd a 20 días de iniciado el tratamiento; y a 67.97 mg/Kg PS (C_f) para el Pb a 1.56 mg/Kg PS (C_f) para el Cd al finalizar el tratamiento de 40 días. Es decir que, el valor inicial de Pb que superaba el valor del ECA para suelo residencial y parques, se ha reducido considerablemente y se encuentran debajo del valor de referencia, al igual que para el Cd donde los valores son menores, esto se puede visualizar mejor en las Figuras 8 y 9 que presentan la variación de las concentraciones para el tratamiento 2 por cada metal, además de incluir el valor de referencia en el ECA Suelo para su uso residencial y parques.

Figura 8.

Concentraciones de Pb en el Tratamiento T₂ y su comparación con el ECA

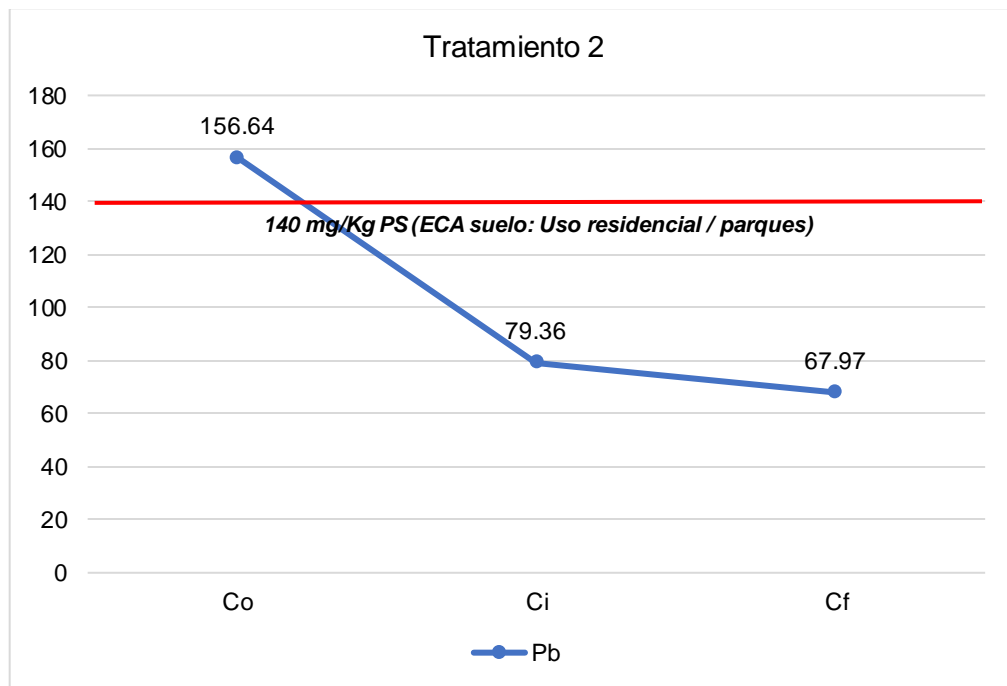
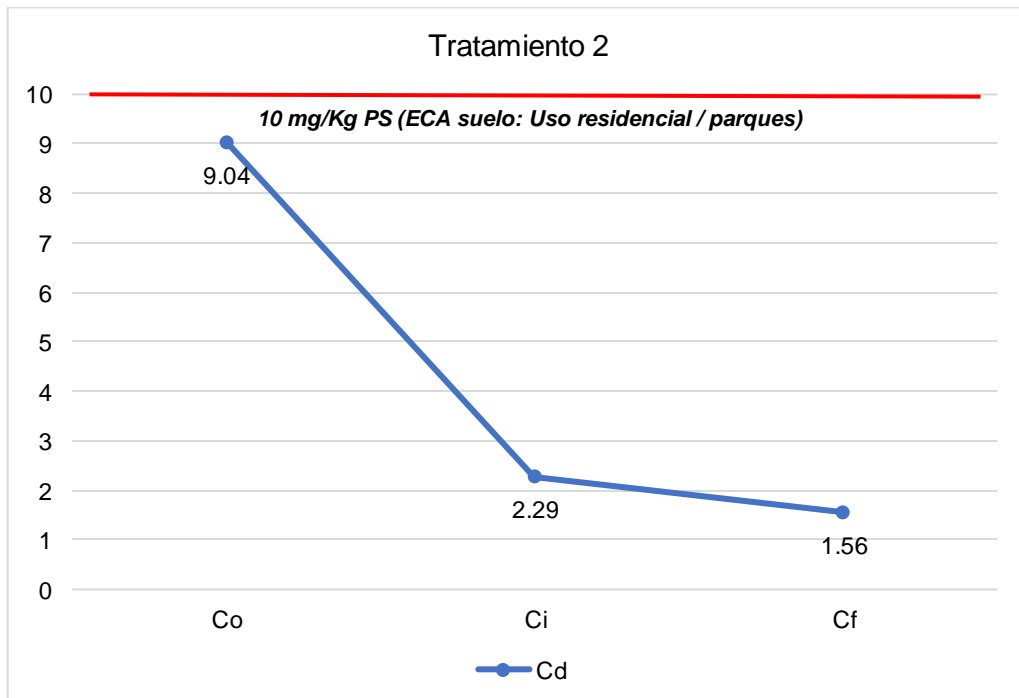


Figura 9.

Concentraciones de Cd en el Tratamiento T₂ y su comparación con el ECA



5.1.4. Análisis de la concentración de Pb y Cd en suelo contaminado y el aditivo humus

En el presente apartado se van a detallar los valores del tratamiento 3, el cual consiste en la evaluación del suelo contaminado con el aditivo humus y la presencia del *Pelargonium hortorum*, sistematizados en la Tabla 14 con los resultados de las concentraciones de Pb y Cd, los datos de las concentraciones iniciales representados como C_0 (concentración inicial), los datos de las concentraciones medias representados como C_i (concentración intermedia) a los 20 días desde el inicio del tratamiento, los datos de las concentraciones medias representados como C_f (concentración final) a los 40 días desde el inicio del tratamiento, pudiendo visualizar la disminución significativa en las concentraciones finales, tal como se muestra a continuación.

Tabla 14.

Concentraciones de Pb y Cd en el Tratamiento T₃

DESCRIPCIÓN	C_0	C_i	C_f
Concentración de Pb	156.64	99.48	59.20
Concentración de Cd	9.04	3.37	1.14

Nota: Informe de Ensayo N° 2304-144, N° 2306-23 y N° 2306-151

Como se muestra en la Tabla 14, las concentraciones de Pb y Cd se han disminuido considerablemente pasando de 156.64 mg/Kg PS (C_0) a 99.48 mg/Kg PS (C_i) en el Pb y 9.04 mg/Kg PS (C_0) a 3.37 mg/Kg PS (C_i) en el Cd a 20 días de iniciado el tratamiento; y a 59.20 mg/Kg PS (C_f) para el Pb a 1.14 mg/Kg PS (C_f) para el Cd al finalizar el tratamiento de 40 días. Es decir que, el valor inicial de Pb que superaba el valor del ECA para suelo residencial y parques, se ha reducido considerablemente y se encuentran debajo del valor de referencia, al igual que para el Cd donde los valores son menores, esto se puede visualizar mejor en las Figuras 10 y 11 que se presentan la variación de las concentraciones para el tratamiento 3 por cada metal, además de incluir el valor de referencia en el ECA Suelo para su uso residencial y parques.

Figura 10.

Concentraciones de Pb en el Tratamiento T₃ y su comparación con el ECA

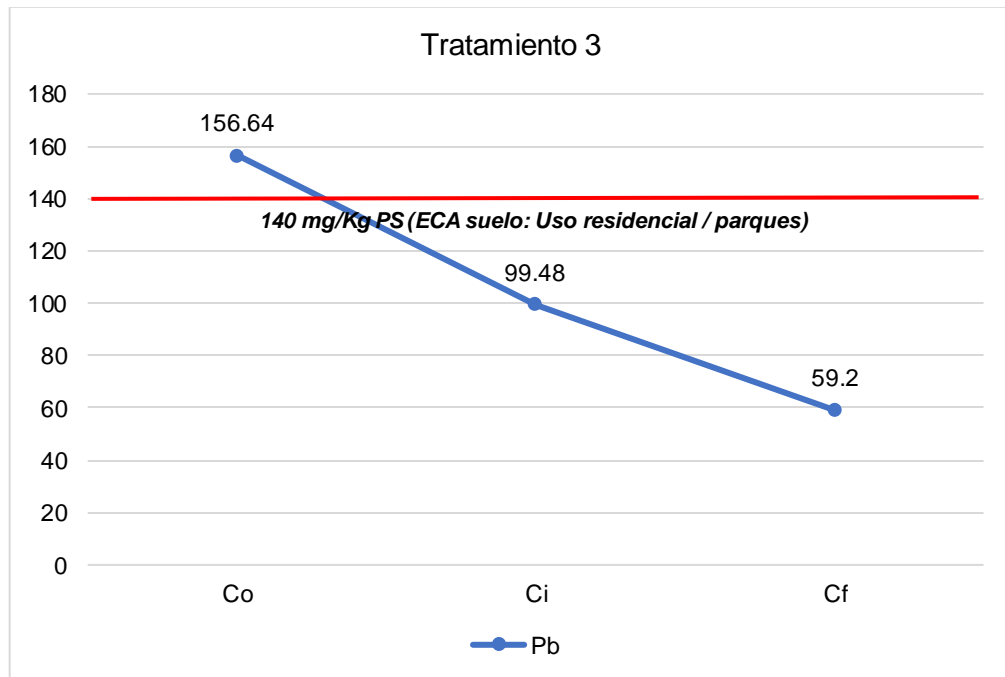
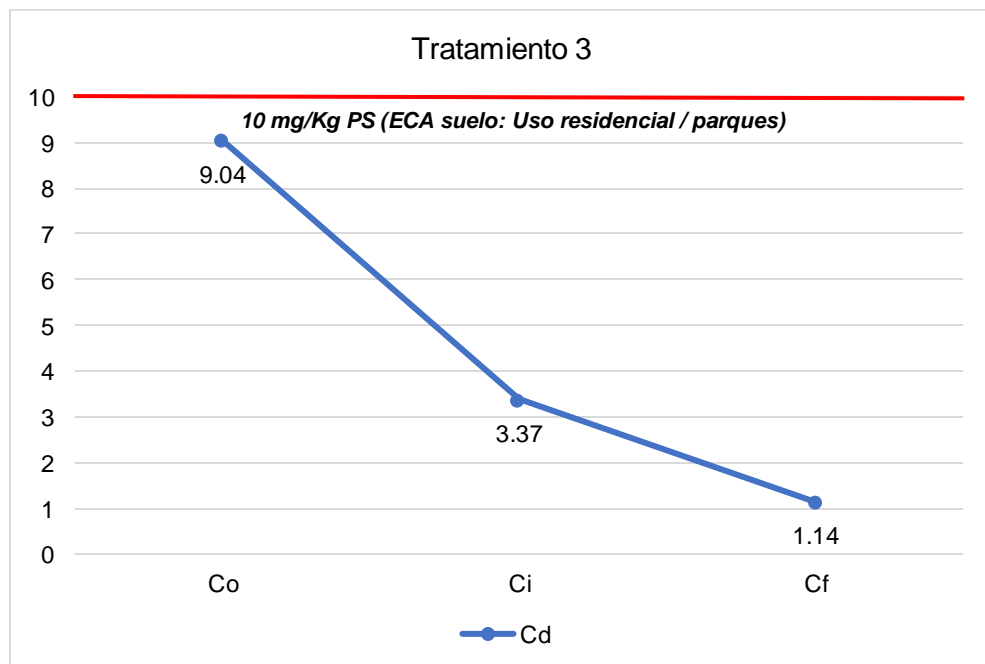


Figura 11.

Concentraciones de Cd en el Tratamiento T₃ y su comparación con el ECA



5.1.3. Análisis de la concentración de Pb y Cd en los tratamientos empleados

Después de visualizar las concentraciones iniciales, intermedias y finales de los tratamientos empleados con una disminución significativa realizada por la especie *Pelargonium hortorum*, por lo que se ha sistematizado en la Tabla 15 los resultados de las concentraciones de Pb y Cd, y su variación porcentual, tal como se muestra a continuación.

Tabla 15.

Porcentaje de remoción de Pb y Cd en cada Tratamiento

Metal	Tratamiento	Concentración (mg/Kg PS)			Porcentaje de remoción de metales	
		C ₀	C _i	C _f	(C ₀ - C _i)/C ₀	(C ₀ - C _f) /C ₀
Pb	T ₁	156.64	45.16	47.12	71.17%	69.92%
	T ₂	156.64	79.36	67.97	49.34%	56.61%
	T ₃	156.64	99.48	59.2	36.49%	62.21%
Cd	T ₁	9.04	0.95	0.99	89.49%	89.05%
	T ₂	9.04	2.29	1.56	74.67%	82.74%
	T ₃	9.04	3.37	1.14	62.72%	87.39%

Nota: Informe de Ensayo N° 2304-144, N° 2306-23 y N° 2306-151

Se puede observar en la Tabla 15 que el mayor porcentaje de fitorremediación del suelo contaminado con Pb y Cd se encuentra para el T₁ con un 71.17% para el Pb y 89.49% para el Cd a los 20 días de tratamiento. Compararan estos resultados con los valores obtenidos a los 40 días de tratamiento -que tienen valores de 69,92% para el Pb y 89.05% para el Cd- estos últimos son menores; no obstante, esto podría deberse a diversos factores, tales como, la cantidad limitada de suelo presente en las macetas y recolección de la muestra a analizar, lo cual pudo influir en que los concentraciones obtenidos a los 40 días (C_f) no fueran menores que los valores reportados durante los primeros 20 días. Asimismo, es preciso indicar que este hecho no invalida que la aplicación del tratamiento 1 ya que este logró el mayor porcentaje de remoción de Pb y Cd de la muestra de suelo obtenida del A.H. Virgen de Guadalupe.

Sin dejar atrás a los valores de los T₂ (a 40 días se redujo la concentración de Pb en 56.61% para Pb y en 82.74% para Cd) y T₃ (a 40 días se redujo la concentración en 62.21% para Pb y en 87.39% para Cd) ambos tratamientos tienen también disminución significativa y casi parecida en ambos metales pesados al T₁. Cabe resaltar, que los valores a los 20 días de remediación para los tres tratamientos son bastante altos, pudiendo inferir la gran capacidad que posee el *Pelargonium hortorum* para adaptarse y absorber los contaminantes. Adicional a ello, se presentan las Figuras 12 y 13 donde se observa el comportamiento de las concentraciones por metal de los tratamientos empleados.

Figura 12.

Concentraciones de Pb en los tratamientos y su comparación con el ECA

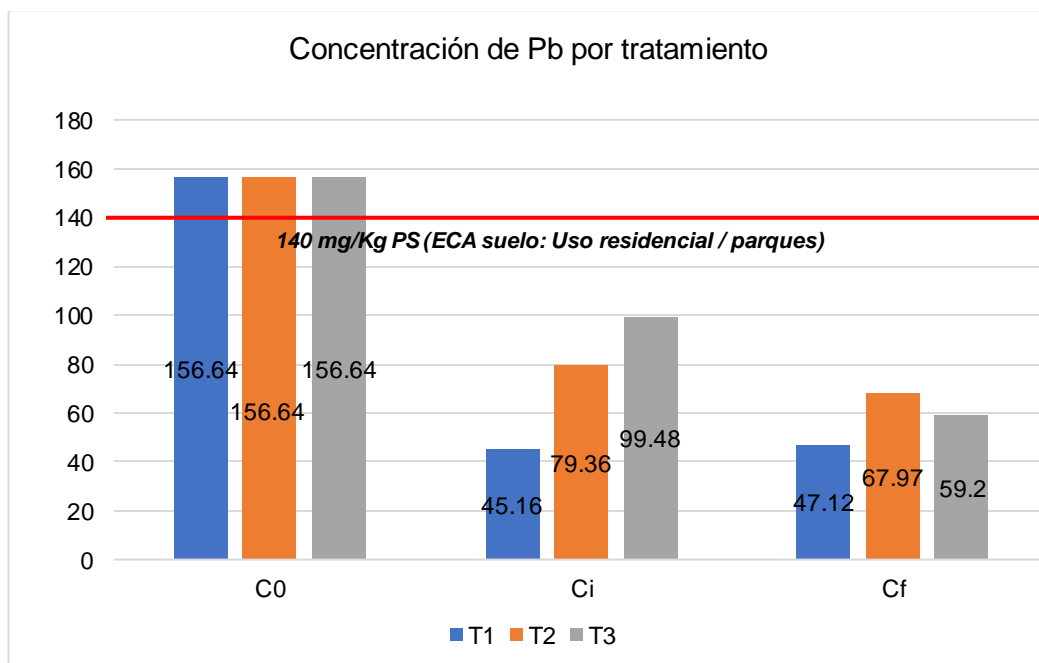
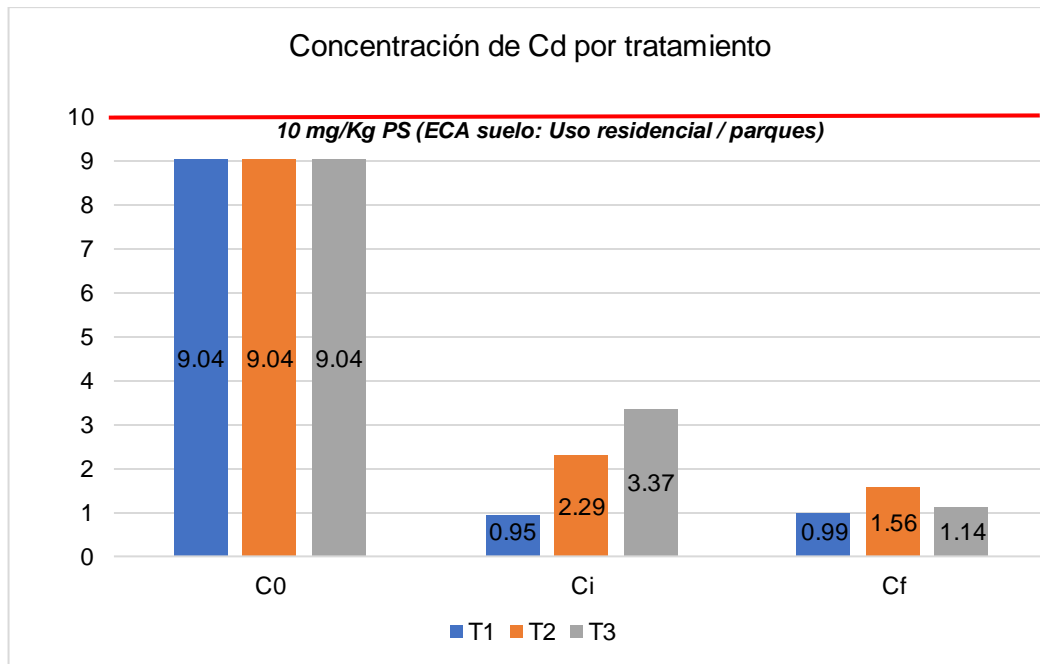


Figura 13.

Concentraciones de Cd en los tratamientos y su comparación con el ECA



5.2. Resultados inferenciales

En este subcapítulo de la investigación se presentarán los resultados inferenciales relacionados con las hipótesis planteadas.

5.2.1. Factor inter sujeto

La Tabla 16 para el Pb y Tabla 17 para el Cd muestra el nombre de las variables independientes (factores), sus niveles, incluidas las etiquetas de los valores, y el número de casos que hay en cada grupo.

Tabla 16.*Factor inter sujeto de los datos de Pb respecto a cada tratamiento*

	Pb	Etiqueta de valor	N
Tratamientos	1	Suelo contaminado	3
	2	Con aditivo compost	3
	3	Con aditivo humus	3
Días	0	0	3
	20	20	3
	40	40	3

*Nota: Resultados de SPSS 25***Tabla 17.***Factor inter sujeto de los datos de Cd respecto a cada tratamiento*

	Cd	Etiqueta de valor	N
Tratamientos	1	Suelo contaminado	3
	2	Con aditivo compost	3
	3	Con aditivo humus	3
Días	0	0	3
	20	20	3
	40	40	3

Nota: Resultados de SPSS 25

La Tabla 18 muestra que las medias para el Pb son: suelo contaminado (T₁) de 82.97, para el suelo contaminado+ compost (T₂) de 101.32 y para el suelo contaminado + humus (T₃) de 105.11; del cual se puede determinar que el Tratamiento 1 (T₁) es el que tiene una menor media de la concentración de plomo.

Tabla 18.

Estadístico descriptivo de la media del Pb respecto a cada tratamiento y días de evaluación

Tratamientos		Media	Desviación	N
Suelo contaminado	0	156.6400		1
	20	45.1600		1
	40	47.1200		1
	Total	82.9733	63.80473	3
Con aditivo compost	0	156.6400		1
	20	79.3600		1
	40	67.9700		1
	Total	101.3233	48.24296	3
Con aditivo humus	0	156.6400		1
	20	99.4800		1
	40	59.2000		1
	Total	105.1067	48.96308	3
Total	0	156.6400	0.00000	3
	20	74.6667	27.46245	3
	40	58.0967	10.46870	3
	Total	96.4678	48.00070	9

Nota: Resultados de SPSS 25

Por otro lado, la Tabla 19 en dicha tabla también se muestra que las medias para el Cd son: suelo contaminado (T₁) de 3.78, para el suelo contaminado + compost (T₂) de 4.42 y para el suelo contaminado + humus (T₃) de 4.64; del cual se puede determinar que el Tratamiento 1 (T₁) es el que tiene una menor media de concentración de cadmio.

Tabla 19.

Estadístico descriptivo de la media del Cd respecto a cada tratamiento y días de evaluación

Tratamientos		Media	Desviación	N
Suelo contaminado	0	9.0400		1
	20	0.9500		1
	40	0.9900		1
	Total	3.7800	4.86710	3
Con aditivo compost	0	9.0400		1
	20	2.2900		1
	40	1.5600		1
	Total	4.4167	4.33110	3
Con aditivo humus	0	9.0400		1
	20	3.3700		1
	40	1.1400		1
	Total	4.6367	4.27320	3
Total	0	9.0400	0.00000	3
	20	2.2033	1.21233	3
	40	1.2300	0.29547	3
	Total	4.2778	3.91475	9

Nota: Resultados de SPSS 25

5.2.2. Prueba de efecto intersujeto

La Tabla 20 y Tabla 21, resumen del ANOVA Univariado, contienen la misma información que la tabla resumen del modelo de un factor: las fuentes de variación, las sumas de cuadrados, los grados de libertad (gl), las medias cuadráticas, los estadísticos F, esta información es referida a los tres efectos presentes en este modelo. Por lo que, para la lectura del nivel de significancia se tendrá en cuenta, lo siguiente:

Hipótesis:

- H₀: Las medias son iguales
- H₁: Al menos una de las medias es diferente

Tabla 20.*Prueba de efecto intersujeto para Pb*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	17545,901 ^a	4	4386.475	19.789	0.007
Intersección	83754.289	1	83754.289	377.851	0.000
Tratamiento	840.921	2	420.460	1.897	0.263
Días	16704.981	2	8352.490	37.682	0.003
Error	886.639	4	221.660		
Total	102186.830	9			
Total corregido	18432.540	8			

Nota: Resultados de SPSS 25

Se puede observar en la Tabla 20 para el Pb, el valor de significancia del tratamiento es 0.263, siendo este mayor a 0.05, indicando que se acepta H_0 y que las medias son iguales. Caso contrario con el valor de significancia de los tiempos de tratamiento (días) que es 0.003, siendo este menor a 0.05, el cual indica que se rechace H_0 y se acepte H_1 , donde al menos una de las medias es diferente entre ellas.

Tabla 21.*Prueba de efectos inter-sujetos para Cd*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	120,6764	4	30.169	62.642	0.001
Intersección	164.694	1	164.694	341.966	0.000
Tratamiento	1.188	2	0.594	1.233	0.383
Días	119.488	2	59.744	124.051	0.000
Error	1.926	4	0.482		
Total	287.297	9			
Total corregido	122.602	8			

Nota: Resultados de SPSS 25

En la Tabla 21, para el Cd, se puede observar que el valor de significancia del tratamiento es 0.383, siendo este mayor a 0.05, indicando que se acepta H_0 y que las medias son iguales. Caso contrario con el valor de significancia los tiempos de tratamiento (días) que es 0.000, siendo este menor a 0.05, el cual indica que se rechace H_0 y se acepte H_1 , donde al menos una de las medias es diferente entre ellas.

5.2.3. Comparaciones Post hoc

Prueba Post Hoc

A fin de determinar las comparaciones de las medias de los tratamientos se realizó la Prueba Post Hoc con el método Tukey, para datos homogéneos, y comparar las medias individuales provenientes de un análisis de varianza de varias muestras. Los resultados obtenidos se representan desde la Tabla 22 a la 25, las cuales serán evaluadas por metal y divididas entre tratamientos y días.

Hipótesis:

- H_0 : Las medias de los tratamientos no tienen diferencias significativas.
- H_1 : Las medias de los tratamientos tienen diferencias significativas.

Tabla 22.

Comparaciones múltiples para el Pb en tratamientos

(I) Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Suelo contaminado	Con aditivo compost	-18.3500	12.15620	0.378	-61.6746	24.9746
	Con aditivo humus	-22.1333	12.15620	0.274	-65.4579	21.1912
Con aditivo compost	Suelo contaminado	18.3500	12.15620	0.378	-24.9746	61.6746
	Con aditivo humus	-3.7833	12.15620	0.949	-47.1079	39.5412
Con aditivo humus	Suelo contaminado	22.1333	12.15620	0.274	-21.1912	65.4579
	Con aditivo compost	3.7833	12.15620	0.949	-39.5412	47.1079

Nota: Resultados de SPSS 25

La Tabla 22 muestra la prueba de Post hoc para el Pb, de la cual se puede visualizar que los resultados de la prueba Tukey para los tratamientos presentan valores de significancia mayores a 0.05; por lo tanto, la comparación de las medias de los tratamientos son iguales y se acepta la H_0 .

Tabla 23.

Comparaciones múltiples para el Pb en días

(I) Días		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	20	81,9733*	12.15620	0.006	38.6488	125.2979
	40	98,5433*	12.15620	0.003	55.2188	141.8679
20	0	-81,9733*	12.15620	0.006	-125.2979	-38.6488
	40	16.5700	12.15620	0.438	-26.7546	59.8946
40	0	-98,5433*	12.15620	0.003	-141.8679	-55.2188
	20	-16.5700	12.15620	0.438	-59.8946	26.7546

Nota: Resultados de SPSS 25

La Tabla 23 muestra la prueba de Post hoc para el Pb, de la cual se puede visualizar los resultados de la prueba Tukey para los días, donde el valor de significancia entre los días 0 y 20 es 0.006, entre los 0 y 40 días es 0.003, siendo estos son menores a 0.05; por lo tanto, las medias son diferentes, demostrándose la diferencia significativa entre el tiempo de los tratamientos (días). Caso contrario ocurre entre los días 20 y 40 que da de valor 0.438, que indica que las medias de los tiempos de los tratamientos (días) son iguales entre ellas.

Además de ellos, se presenta el gráfico de perfil de las medias marginales de plomo de los valores de los tratamientos y días:

Tabla 24.*Comparaciones múltiples para el Cd en tratamientos*

(I) Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Suelo contaminado	Con aditivo compost	-0.6367	0.56663	0.551	-2.6561	1.3828
	Con aditivo humus	-0.8567	0.56663	0.378	-2.8761	1.1628
Con aditivo compost	Suelo contaminado	0.6367	0.56663	0.551	-1.3828	2.6561
	Con aditivo humus	-0.2200	0.56663	0.922	-2.2395	1.7995
Con aditivo humus	Suelo contaminado	0.8567	0.56663	0.378	-1.1628	2.8761
	Con aditivo compost	0.2200	0.56663	0.922	-1.7995	2.2395

Nota: Resultados de SPSS 25

La Tabla 24 muestra la prueba de Post hoc para Cd, de la cual se puede visualizar que los resultados de la prueba Tukey para los tratamientos, dando todos sus valores de significancia mayores a 0.05; por lo tanto, las medias de los tratamientos son iguales entre la comparación de los tratamientos y se acepta la H_0 .

Tabla 25.*Comparaciones múltiples para el Cd en días*

(I) Días		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	20	7,1967*	0.56663	0.000	5.1772	9.2161
	40	8,1700*	0.56663	0.000	6.1505	10.1895
20	0	-7,1967*	0.56663	0.000	-9.2161	-5.1772
	40	0.9733	0.56663	0.305	-1.0461	2.9928
40	0	-8,1700*	0.56663	0.000	-10.1895	-6.1505
	20	-0.9733	0.56663	0.305	-2.9928	1.0461

Nota: Resultados de SPSS 25

La Tabla 25 muestra la prueba de Post hoc para el Pb, de la cual se puede visualizar los resultados de la prueba Tukey para los días, donde el valor de significancia entre los días 0 y 20 es 0.000, entre los 0 y 40 días es 0.000, estos son menores a 0.05, por lo tanto, las medias son diferentes, demostrándose la diferencia significativa entre el tiempo de los tratamientos. Caso contrario ocurre entre los días 20 y 40 que da de valor 0.305, que indica que las medias de los tiempos de los tratamientos (días) son iguales entre ellas.

Si bien en las Tablas 22 y 24 se puede observar que los valores de significancia son mayores a 0.05, el cual indica que no hay diferencia entre los tratamientos para Pb y Cd, también se muestra que estas medias de los tratamientos son muy similares, explicando porque en la significancia del ANOVA sale mayor a 0.05, por tanto, el estadístico lo considera como medias iguales.

No obstante, se puede visualizar que en las Tablas 23 y 25, los valores de significancia son menores a 0.05, el cual indica que si hay diferencia entre el tiempo (días) de los tratamientos para Pb y Cd, pudiendo verificarse que con el paso del tiempo si hay diferencia significativa de las concentraciones de los metales pesados, teniendo la diferencia entre los días de 0 – 20 y de 0 - 40

Por ende, se muestra una disminución de las concentraciones de Pb y Cd a lo largo del tiempo en los resultados de los tratamientos empleados, el cual era el fin de la investigación, y que varios de los valores son muy cercanos entre sí.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

De los resultados obtenidos sobre la efectividad del *Pelargonium hortorum* para fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd se demuestra que existe una buena capacidad de remoción de estos metales pesados.

A continuación, se presenta la contrastación y demostración de la hipótesis general:

- H_0 : El *Pelargonium hortorum* no es efectivo para fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd.
- H_1 : El *Pelargonium hortorum* es efectivo para fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd.

De acuerdo con los resultados descriptivos presentados en la Tabla 15 se detecta que:

En relación con el plomo: el Tratamiento 1 (T_1) presentó una remoción de 71.17% a 20 días (C_i) y 69.92% a los 40 días (C_f); el Tratamiento 2 (T_2), en el que se adicionó compost, presentó una remoción de 49.34% a 20 días (C_i) y 56.61% a los 40 días (C_f) y el Tratamiento 3 (T_3), en el que se adicionó humus, presentó una remoción de 36.49% a 20 días (C_i) y 62.21% a los 40 días (C_f).

En relación con el cadmio: el Tratamiento 1 (T_1) presentó una remoción de 89.49% a 20 días (C_i) y 89.05% a 40 días (C_f); el Tratamiento 2 (T_2), en el que se adicionó compost, presentó una remoción de 74.67% a 20 días (C_i) y 82.74% a 40 días (C_f) y el Tratamiento 3 (T_3), en el que se adicionó humus, presentó una remoción de 62.72% a 20 días (C_i) y 87.39% a 40 días (C_f).

De los resultados estadístico-inferenciales, mostrado en la Tabla 20 para el Pb, el valor de significancia es 0.263 para la media de los tratamientos, siendo este mayor a 0.05, indicando que se acepta H_0 y que las medias son iguales. A diferencia de este resultado, el valor de significancia de los tiempos de tratamiento (días) es 0.003, siendo este menor a 0.05, el cual indica que se rechaza H_0 y se acepte H_1 , donde al menos una de las medias es diferente, y a

la vez se demuestra que hay una disminución significativa con el avance del tiempo (días).

Así también para el Cd, como se observa en la Tabla 21 el valor de significancia es 0.383, siendo este mayor a 0.05, indicando que se acepta H_0 y que las medias son iguales. A diferencia de este resultado, el valor de significancia de los tiempos de tratamiento (días) fue 0.000, siendo este menor a 0.05, el cual indica que se rechaza H_0 y se acepte H_1 , donde al menos una de las medias es diferente entre ellas, y a la vez se demuestra que hay una disminución significativa con el avance del tiempo (días).

Por tanto, tras la evaluación de los resultados descriptivos presentados, se ha demostrado que el *Pelargonium hortorum* si logró disminuir significativamente las concentraciones de plomo y cadmio en los suelos contaminados, teniendo en cuenta que para el Pb el mayor porcentaje de disminución fue en el tratamiento 1 con un 71.17% y para el Cd el mayor porcentaje de disminución fue en el tratamiento 1 con un 89.49%; por ende, el *Pelargonium hortorum* es efectiva para fitorremediar suelos contaminados con estos metales.

Contrastación y demostración de la hipótesis específica 1

- H_0 : “La muestra de suelo obtenido del A.H. Virgen de Guadalupe no contiene Pb y Cd”.
- H_1 : “La muestra de suelo obtenido del A.H. Virgen de Guadalupe contiene Pb y Cd”.

Por los resultados de los laboratorios, mostrados en la Tabla 11, se observa que la muestra de suelo obtenido del A.H. Virgen de Guadalupe contiene Pb y Cd, pudiéndose observar que la concentración del Pb es de 156.64 mg/Kg PS, el cual pasa los valores del ECA Suelo que es de 140 mg/Kg PS; y la concentración del Cd es de 9.04 mg/Kg PS, la cual está cerca al límite de los valores para este metal en la normativa del ECA Suelo, que es de 10 mg/Kg PS.

Contrastación y demostración de la hipótesis específica 2

- Ho: “El *Pelargonium hortorum* no fitorremedia los suelos contaminados con Pb y Cd”.
- H1: “El *Pelargonium hortorum* fitorremedia los suelos contaminados con Pb y Cd”.

En la Tabla 12 se observa que el Tratamiento 1, el cual consiste en la evaluación directa del suelo contaminado con la presencia del *Pelargonium hortorum*, existe una disminución de la concentración de 156.64 mg/Kg PS (C₀) a 45.16 mg/Kg PS (C_i) para el Pb y de 9.04 mg/Kg PS (C₀) a 0.95 mg/Kg PS (C_i) para el Cd, durante el tratamiento de 20 días, y de 156.64 mg/Kg PS (C₀) a 47.12 mg/Kg PS (C_f) para el Pb y de 9.04 mg/Kg PS (C₀) a 0.99 mg/Kg PS (C_f) para el Cd al finalizar el tratamiento a los 40 días. Tras los datos presentados, podemos observar que hay una gran capacidad de la planta para disminuir las concentraciones de Pb y Cd en el suelo, demostrando así que las concentraciones de Pb y Cd en el suelo disminuyen durante y al finalizar los tratamientos empleados.

De igual manera el menor valor de media es el tratamiento 1, de la cual en la Tabla 18 se muestra la media de 82.97 para el Pb y en la Tabla 19 se muestra la media de 3.78 para el Cd.

Contrastación y demostración de la hipótesis específica 3

- Ho: “La adición de compost no mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* de suelos contaminados con Pb y Cd”.
- H1: “La adición de compost mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* de suelos contaminados con Pb y Cd”.

En la Tabla 13 se observa que el tratamiento 2, que consiste en la evaluación del suelo contaminado y el aditivo compost con la presencia del *Pelargonium hortorum*, del cual existe una disminución de la concentración de 156.64 mg/Kg PS (C₀) a 79.36 mg/Kg PS (C_i) en el Pb mg/Kg PS (C₀) y 9.04 a 2.29 mg/Kg PS (C_i) en el Cd durante el tiempo del tratamiento que fueron a los

20 días, y de 156.64 mg/Kg PS (C_i) a 67.97 mg/Kg PS (C_f) en el Pb y 9.04 mg/Kg PS (C₀) a 1.56 mg/Kg PS (C_f) en el Cd al finalizar el tratamiento a los 40 días.

De igual manera se utilizó el estadístico Tukey en donde se visualiza que para el Pb el valor de significancia entre los días 0 y 20 es de 0.006, entre los 0 y 40 días es de 0.003, y para el Cd el valor de significancia entre los días 0 y 20 es de 0.000, entre los 0 y 40 días es de 0.000, por tanto, los valores mencionados son menores a 0.05, indicando que las medias de los tratamientos son diferentes, demostrándose la diferencia significativa entre el tiempo de los tratamientos. Además, que el valor de la media para el tratamiento 2 es de 101.32 para el Pb y 4.42 para el Cd.

En referencia a lo descrito, los porcentajes de remoción máximos fueron 71.17% para el Pb y de 89.49% para el Cd en el Tratamiento 1 (T₁) son mayores en comparación al Tratamiento 2 (T₂) que tiene de datos de 56.61% para el Pb y de 82.74% para el Cd, por ende, se demuestra que la adición de compost no mejora la fitorremediación de estos suelos con el *Pelargonium hortorum*.

Contrastación y demostración de la hipótesis específica 4

- H₀: “La adición de humus no mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* de suelos contaminados con Pb y Cd”.
- H₁: “La adición de humus mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* de suelos contaminados con Pb y Cd”.

En la Tabla 14 se observa que el tratamiento 3, en el cual consiste en la evaluación directa del suelo contaminado con la presencia del *Pelargonium hortorum*, existe una disminución de la concentración de 156.64 mg/Kg PS (C₀) a 99.48 mg/Kg PS (C_i) en el Pb y 9.04 mg/Kg PS (C₀) a 3.37 mg/Kg PS (C_i) en el Cd durante el tiempo del tratamiento que fueron a los 20 días, y de 156.64 mg/Kg PS (C₀) a 59.20 mg/Kg PS (C_f) en el Pb y 9.04 mg/Kg PS (C₀) a 1.14 mg/Kg PS (C_f) en el Cd al finalizar el tratamiento a los 40 días, quienes tienen una mayor disminución de las concentraciones de estos metales pesados.

De igual manera se utilizó el estadístico Tukey en donde se visualiza que para el Pb el valor de significancia entre los días 0 y 20 es de 0.006, entre los 0 y 40 días es de 0.003, y para el Cd el valor de significancia entre los días 0 y 20 es de 0.000, entre los 0 y 40 días es de 0.000, por tanto, los valores mencionados son menores a 0.05, indicando que las medias de los tratamientos son diferentes, demostrándose la diferencia significativa entre el tiempo de los tratamientos. Además, que el valor de la media para el tratamiento 3 es de 105.11 para el Pb y 4.64 para el Cd.

Finalmente, los porcentajes de remoción es de 69.92% para el Pb y de 89.49% para el Cd en el Tratamiento 1 (T₁) son mayores en comparación al Tratamiento 3 (T₃) que tiene de datos de 62.21% para el Pb y de 87.39% para el Cd, por ende, se demuestra que la adición de humus no mejora la fitorremediación de estos suelos con el *Pelargonium hortorum*.

6.2. Contratación de los resultados con otros estudios similares

Como señalan (Obeso, 2021) en “Cultivo de geranios: uso potencial para la eliminación de arsénico (As), cadmio (Cd) y cobre (Cu) en suelos contaminados evaluó la capacidad del geranio (*Pelargonium zonale*) para remover arsénico (As), cadmio (Cd) y cobre (Cu) de suelos contaminados” y (Valverde, 2019) en “Evaluación de *Pelargonium zonale* para fito extraer plomo de suelos agrícolas en El Mantaro – Jauja” el *Pelargonium* es una planta tolerante a metales pesados y tiene la capacidad de fitorremediar los suelos contaminados ya que se observó una disminución de las concentraciones de metales presentes en el suelo; adicional a ello, (Orroño y Lavado, 2009) en “Heavy metal accumulation in *Pelargonium hortorum*: Effects on growth and development (Acumulación de metales pesados en *Pelargonium hortorum*)” el geranio común (*Pelargonium hortorum*) es una especie con capacidad fitorremediadora de suelos contaminados con Pb y Cd, lo cual guarda relación con la presente investigación ya que también se evidenció que el *Pelargonium* es una especie efectiva para la fitorremediación del suelo contaminado.

Asimismo, realizando la comparación con (Ferrua, 2021), en su investigación “Evaluación de la capacidad fitorremediadora de las especies “*Tradescantia pallida*” y “*Pelargonium hortorum*”, se evidencia que el *Pelargonium hortorum*, puede reducir las concentraciones de Pb hasta un 52.61% y 69%, respectivamente, en comparación de la presente investigación donde se redujo en un 71.17% a 20 días de experimentación y un 69.92% a 40 días de experimentación.

En esa misma línea, (Ocaña, 2022) en “Comparación de la eficacia de la fitorremediación mediante el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) para la recuperación de suelos provenientes de la concesión minera Mister Muki distrito San Rafael, provincia Ambo, departamento Huánuco, 2021” evidencia que el *Pelargonium hortorum* es una especie capaz de fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd, ya que las concentraciones iniciales se redujeron en un 23.06% y 50.78%, respectivamente; sin embargo, en la presente investigación se obtuvo un porcentaje mayor de remoción (71.17% de Pb y 89.49% de Cd durante los primeros 20 días de experimentación). La variación en los porcentajes de remoción puede deberse a las propiedades y características fisicoquímicas de las muestras de suelo analizado.

Por otro lado, realizando la comparación con otras investigaciones internacionales como: “Comparative effectiveness of organic and inorganic amendments on cadmium bioavailability and uptake by *Pelargonium hortorum*” (Gul et al. 2019), se evidencia que la adición de compost influye significativamente en el crecimiento y producción de biomasa vegetal, biodisponibilidad de Cd en el suelo y porcentaje de reducción de Cd. Es preciso indicar que, el tratamiento con adición del 10% de compost redujo 0.3 veces el porcentaje de Cd en la muestra de suelo en comparación con el tratamiento que no se adiciono compost. Estos valores contrastan con lo obtenido en la presente investigación, toda vez que el tratamiento 1 (T₁) logró mayores porcentajes de remoción de Cd (89.49%) en comparación con el tratamiento (T₂) que empleó 10% de compost (82.74%).

Aunado a ello, como lo señala (Ogundiran, Mekwunyei y Adejumo, 2018), en “Compost and biochar assisted phytoremediation potentials of *Moringa oleifera* for remediation of lead contaminated soil” y (Gong et al. 2018), en “Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.)”, la adición de compost y vermicompost respectivamente, influyen significativamente en la supervivencia y el crecimiento de las especies evaluadas. Sin perjuicio de ello, en la presente investigación, la adición de enmiendas orgánicas (compost y humus) no influyeron significativamente en la capacidad del *Pelargonium* para fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd, sino que, actuaron en la biodisponibilidad de estos metales en el suelo.

Bajo ese contexto, como menciona (Hoehne et al. 2016), la adición de vermicompost en un 50%, 75% y 100% aumenta la cantidad de plomo biodisponible y hace que la cantidad de la parte residual estable y no disponible disminuya; de igual manera, mejora el crecimiento de la planta; sin embargo, en suelos donde se encuentren elevados porcentajes de materia orgánica (75%,100%) no se evidencia una mejora de los porcentajes de absorción de Pb. En ese sentido, se puede indicar que usar el vermicompost no mejora la fitorremediación del suelo, lo cual contrasta con la presente investigación, donde se demuestra que existe una mejor fitorremediación en el tratamiento sin aditivo.

Finalmente, contrastando con (Ancco, 2018), en Fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando ray – grass híbrido (*Iolium hybridum hausskn*) utilizando humus comercial y compost en el distrito de Viques – provincia de Huancayo – departamento de Junín, se determinó que la adición de compost es efectiva para la fitorremediación, lo cual difiere de los resultados obtenidas en la presente investigación.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

La presente tesis titulada, “*PELARGONIUM HORTORUM* EN LA FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO Y CADMIO DELASENTAMIENTO HUMANO VIRGEN DE GUADALUPE, CALLAO

2023” los tesisistas señalan que se cumple fielmente con el código de ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao, aprobada mediante Resolución N° 319-2022-R y con los “Protocolos de proyecto e Informe Final de Investigación de Pregrado, Posgrado, Docentes, Equipos, Centros e Institutos de Investigación” aprobada y mediante Resolución N° 004-2022-R con fecha del 22 de abril del 2022.

VII. CONCLUSIONES

Se evaluó que el *Pelargonium Hortorum* si es efectivo para fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd, tal como se muestra en la Tabla 12, 13 y 14, donde se evidencia una variación y disminución en la concentración de plomo y cadmio en cada tratamiento utilizado en 20 y 40 días de experimentación. En relación al plomo el tratamiento 1 (T₁), presentó una mayor remoción de 71,17%, y en relación al cadmio el tratamiento 1 (T₁), presentó una mayor remoción de 89,49%.

Se determinó que la muestra de suelo del Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe, en la Tabla 11 se encontró que el valor del Pb es de 156.64 mg/kg PS superando el valor del ECA para suelo residencial y parques que es 140 mg/kg PS, y el caso del Cd es de 9.04 mg/kg PS, valor que es muy cercano a lo establecido en el ECA que es de 10 mg/kg PS.

Se determinó que el *Pelargonium hortorum* si fitorremedia los suelos contaminados con Pb y Cd, tal como se muestra en la Tabla 12, donde se evidencia una disminución en la concentración de plomo y cadmio en el tratamiento 1 utilizado en 40 días de experimentación, teniendo en cuenta que en el tratamiento T₁ en el cual solo se presentó la fitorremediación del suelo sin aditivos, tuvo una disminución en las cantidades de metales pesados siendo en el Plomo de 156.64 mg/Kg PS (C₀) a 47.12 mg/Kg PS (C_f), y 9.04 mg/Kg PS (C₀) a 0.99 mg/Kg PS, en 40 días de experimentación.

Se determinó que la adición de compost (tratamiento T₂) no mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* de suelos contaminados con Pb y Cd, debido a que los valores de concentraciones finales comparados con el tratamiento 1 (T₁) son ligeramente mayores, de todos modos, tal como se ve en la Tabla 13 del Tratamiento (T₂), hay una disminución considerable en la concentración de Plomo, de 156.64 mg/Kg PS a 67.97 mg/Kg PS, y en el caso de Cadmio de 9.04 mg/Kg PS a 1.56 mg/Kg PS, en 40 días de experimentación.

Se determinó que la adición de humus (tratamiento T₃) no mejora la fitorremediación del *Pelargonium hortorum* de suelos contaminados con Pb y Cd,

debido a que los valores de concentraciones finales comparados con el tratamiento 1 (T₁) son ligeramente mayores, de todos modos, tal como se ve en la Tabla 14 del Tratamiento T₃, hay una disminución considerable en la concentración de Plomo, de 156.64 mg/Kg PS a 59.2 mg/Kg PS, y en el caso de Cadmio de 9.04 mg/Kg PS a 1.14 mg/Kg PS, en 40 días de experimentación.

Finalmente, en base a los resultados obtenidos se demuestra que el tratamiento 1 (el suelo contaminado+planta), es el que obtuvo mayor porcentaje para la fitorremediación en los suelos contaminados. En el caso del plomo se obtuvo el porcentaje de remoción de 71.17% a 20 días y en el caso del Cd, se obtuvo como porcentaje de remoción 89.49% a 20 días. Por ende, el *Pelargonium hortorum* es efectivo para fitorremediar los suelos contaminados con Pb y Cd.

VIII. RECOMENDACIONES

Emplear el *Pelargonium hortorum* para remediar suelos contaminados con plomo y cadmio, ya que se ha demostrado su efectividad como especie fitorremediadora al reducir las concentraciones de estos contaminantes presentes en el suelo.

Realizar la experimentación en periodos de tiempo más largos con un mínimo de 90 días para poder obtener mejores resultados con respecto al porcentaje de remoción de los metales analizados ya que se evidencio un sesgo en comparación con los antecedentes nacionales.

Evaluar la capacidad fitorremediadora del *Pelargonium hortorum* a fin de determinar los mecanismos de absorción de metales pesados en hojas, tallo y raíz.

Aplicar el mismo análisis experimental de la presente investigación en suelos de tipo residencial /parques como parte de un proyecto municipal y en un periodo de tiempo mayor al de esta investigación o permanente.

Aplicar el mismo análisis experimental de la presente investigación en otra población de estudio con presencia de distintos contaminantes a fin de investigar el potencial del *Pelargonium hortorum* para fitorremediar suelos contaminados.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2007. *Toxicological profile of lead* en línea. Atlanta. Recuperado a partir de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK158766/> [consultado 30 abril 2023].
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2012. Toxicological Profile for Cadmium. En: en línea. Georgia. Recuperado a partir de: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp5.pdf> [consultado 24 julio 2023].
- ANCCO SOTOMAYOR, Frank Marco, 2018. *Fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando Ray – grass híbrido (Lolium hybridum Hausskn) utilizando humus comercial y compost en el distrito de Viques – provincia de Huancayo – departamento de Junín* en línea. Título de Ingeniero Ambiental. Huancayo: Universidad Alas Peruanas. Recuperado a partir de: <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/3045?show=full> [consultado 30 junio 2023].
- ARSHAD, Muhammad et al., 2020. Lead phytoextraction by *Pelargonium hortorum*: Comparative assessment of EDTA and DIPA for Pb mobility and toxicity. *Science of the Total Environment*. Vol. 748. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.141496.
- ATAUCUSI ROMERO, Roxana, 2022. *Fitoextracción de mercurio asistida con humus de lombriz usando artemisia absinthium en un suelo contaminado de Huancavelica* en línea. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola. Recuperado a partir de: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c130d0ec-2128-4329-b589-fb5c7063e184/content> [consultado 8 abril 2023].
- AWA, Soo Hui y HADIBARATA, Tony, 2020. Removal of Heavy Metals in Contaminated Soil by Phytoremediation Mechanism: A Review. *Water, Air, and Soil Pollution*. Vol. 231, número 2. DOI 10.1007/s11270-020-4426-0.

- BARRETO-VILLANUEVA, Adán, 2012. The progress of statistics and its usefulness in development assessment. *Papeles de Población* en línea. Recuperado a partir de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-74252012000300010&script=sci_abstract&tlng=en [consultado 30 junio 2023].
- BAUTISTA ZUÑIGA, Francisco, 1999. *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados*. en línea. Ciudad de México: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. ISBN 968-7556-82-X. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Bautista/publication/236954595_Introduccion_al_estudio_de_la_contaminacion_del_suelo_por_metales_pesados/links/565c479b08aeafc2aac702d1.pdf [consultado 23 abril 2023].
- BEHAR RIVERO, Daniel Salomón, 2008. *Introducción a la Metodología de la Investigación* en línea. Editorial Shalom. México. ISBN 978-959-212-783-7. Recuperado a partir de: <http://187.191.86.244/rceis/wp-content/uploads/2015/07/Metodolog%C3%ADa-de-la-Investigaci%C3%B3n-DANIEL-S.-BEHAR-RIVERO.pdf> [consultado 30 junio 2023].
- CARPENA RUÍZ, Ramón Octavio y BERNAL CALDERÓN, María Pilar, 2007. Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. *Ecosistemas: Revista científica y técnica de ecología y medio Ambiente* en línea. Vol. 16, pp. 1–3. Recuperado a partir de: <http://bwww.epfl.ch/COST837/> [consultado 24 diciembre 2022].
- CERRÓN MUNIVE, Rubén et al., 2020. Lead and cadmium uptake by sunflower from contaminated soil and remediated with organic amendments in the form of compost and vermicompost. *Scientia Agropecuaria*. Vol. 11, número 2, pp. 177–186. DOI 10.17268/SCI.AGROPECU.2020.02.04.
- CHANDRA, Ram, DUBEY, N.K. y KUMAR, Vineet Rudra, 2018. *Phytoremediation of Environmental Pollutants*. Lucknor: Taylor & Francis Group. ISBN 9781315161549.

- CHANEY, Rufus L et al., 1997. *Phytoremediation of soil metals*. DOI 10.1016/S0958-1669(97)80004-3.
- DELGADILLO LÓPEZ, Angélica Evelin et al., 2011. Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* en línea. Vol. 14, pp. 597–612. Recuperado a partir de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002 [consultado 1 julio 2023].
- DÍAZ, Walter, 2016. Estrategia de gestión integrada de suelos contaminados en el Perú Integrated management strategy of contaminated soil in Peru. *Revista del Instituto de Investigación, FIGMMG-UNMSM* en línea. Vol. 19, pp. 103–110. Recuperado a partir de: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/RFIGMMG-38-103.pdf> [consultado 19 mayo 2023].
- ENCINAS MALAGÓN, María Dolores, 2011. *Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos* en línea. 1º Edición. ISBN 9788461511457. Recuperado a partir de: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6> [consultado 17 abril 2023].
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000. *Introduction to Phytoremediation* en línea. Washington: National Risk Management Research Laboratory. Recuperado a partir de: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/30003T7G.PDF?Dockey=30003T7G.PDF> [consultado 14 abril 2023].
- FERRUA QUISPE SCHAUNY VIVIAN, 2021. *Evaluación de la capacidad fitorremediadora de las especies “Tradescantia Pallida” y “Pelargonium Hortorum” en suelos contaminados con plomo de la zona de las Lomas de Carabayllo* en línea. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Lima: Universidad Peruana Unión. Recuperado a partir de: <https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4445/Schauny>

_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=4&isAllowed=y [consultado 5 agosto 2022].

FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION (FAO) y PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUMA), 2022. *Evaluación mundial de la contaminación del suelo – Resumen para los formuladores de políticas*. Evaluación mundial de la contaminación del suelo – Resumen para los formuladores de políticas. ISBN 978-92-5-135794-1. DOI 10.4060/cb4827es.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION (FAO), 2019. *LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: UNA REALIDAD OCULTA* en línea. Roma. Recuperado a partir de: <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf> [consultado 21 abril 2023].

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS y MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2018. Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. en línea. Bogotá. ISBN 978-92-5-130425-9. Recuperado a partir de: <https://www.fao.org/3/i8864es/l8864ES.pdf> [consultado 3 abril 2023].

GALÁN HUERTOS, Emilio y ROMERO BAENA, Antonio, 2008. Contaminación de Suelos por Metales Pesados. En: *Contaminación de Suelos por Metales Pesados*, pp. 48–60 en línea. Sevilla: Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. 2008. Recuperado a partir de: https://www.semineral.es/websem/PdfServlet?mod=archivos&subMod=publicaciones&archivo=Macla10_48.pdf [consultado 18 abril 2023].

GARZÓN, Jennyfer M., RODRÍGUEZ MIRANDA, Juan Pablo y HERNÁNDEZ GÓMEZ, Catalina, 2017. Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad y Salud*. Vol. 19, número 2, p. 309. DOI 10.22267/rus.171902.93.

GLIGO, Nicolo et al., 2020. *La tragedia ambiental de América Latina y el Caribe* en línea. Recuperado a partir de:

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46101/1/S2000555_es.pdf [consultado 9 abril 2023].

GONG, Xiaoqiang et al., 2018. Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.). *Scientia Horticulturae*. Vol. 236, pp. 186–191. DOI 10.1016/j.scienta.2018.03.051.

GRUPO DE TRABAJO MULTISECTORIAL, 2008. *Diagnóstico Ambiental del Perú* en línea. Recuperado a partir de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-ambiental-peru> [consultado 19 mayo 2023].

GUL, Iram et al., 2019. Comparative effectiveness of organic and inorganic amendments on cadmium bioavailability and uptake by *Pelargonium hortorum*. *Journal of Soils and Sediments*. Vol. 19, número 5, pp. 2346–2356. DOI 10.1007/s11368-018-2202-1.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto y MENDOZA TORRES, Christian Paulina, 2018. *Metodología de la investigación* en línea. McGRAW-HILL. Ciudad de México. ISBN 978-1-4562-6096-5. Recuperado a partir de: <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292> [consultado 20 abril 2023].

HOEHNE, Lucélia et al., 2016. Addition of Vermicompost to Heavy Metal-Contaminated Soil Increases the Ability of Black Oat (*Avena strigosa* Schreb) Plants to Remove Cd, Cr, and Pb. *Water, Air, and Soil Pollution*. Vol. 227, número 12. DOI 10.1007/s11270-016-3142-2.

KARAMI, Nadia et al., 2011. Efficiency of green waste compost and biochar soil amendments for reducing lead and copper mobility and uptake to ryegrass. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 191, número 1–3, pp. 41–48. DOI 10.1016/j.jhazmat.2011.04.025.

KHALID, Noreen, AQEEL, Muhammad y NOMAN, Ali, 2019. System biology of metal tolerance in plants: An integrated view of genomics, transcriptomics, metabolomics, and phenomics. En: *Plant Metallomics and Functional Omics*:

A System-Wide Perspective, pp. 107–144. Springer International Publishing. ISBN 9783030191030. DOI 10.1007/978-3-030-19103-0_6.

LONDOÑO FRANCO, Luis Fernando, LONDOÑO MUÑOZ, Paula Tatiana y MUÑOZ GARCIA, Fabián Gerardo, 2016. Risk of heavy metals in human and animal health. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Vol. 14, número 2, pp. 145–153. DOI 10.18684/bsaa(14)145-153.

MENDOZA-HERNÁNDEZ, Daicy, FORNES, Fernando y BELDA, Rosa M., 2014. Compost and vermicompost of horticultural waste as substrates for cutting rooting and growth of rosemary. *Scientia Horticulturae*. Vol. 178, pp. 192–202. DOI 10.1016/j.scienta.2014.08.024.

MIGUEL OJEDA, Mario et al., 2011. *Metodología de diseño estadístico en línea*. Veracruz: Universidad Veracruzana. Recuperado a partir de: <https://libros.uv.mx/index.php/UV/catalog/view/TU162/734/898-1> [consultado 17 abril 2023].

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM), 2014. *Guía para el muestreo de Suelos en línea*. Lima: MINAM. Recuperado a partir de: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf> [consultado 14 febrero 2023].

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM), 2017a. *Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM* en línea. Lima: Diario El Peruano. Diario Oficial El Peruano. Recuperado a partir de: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0> [consultado 17 abril 2023].

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM), 2017b. *Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM* en línea. Alberta Environment. Diario El Peruano. Recuperado a partir de: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-criterios-gestion-sitios-contaminados#:~:text=Decreto%20Supremo%20N%C2%B0%20012,la%20Gesti%C3%B3n%20de%20Sitios%20Contaminados> [consultado 8 enero 2023].

- MONTANARELLA, Luca, SCHOLLES, Robert y BRAINICH, Anastasia, 2018. *The assessment report on Land Degradation and Restoration* en línea. ISBN 978-3-947851-09-6. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3237392> [consultado 16 abril 2023].
- NUÑEZ LOPEZ, Roberto Aurelio et al., 2004. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Biotecnología y biología molecular* en línea. Recuperado a partir de: http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf [consultado 9 enero 2023].
- OBESO OBANDO, Aída del Rosario, 2021. *Cultivo de geranio: Uso potencial para remover Arsénico (As), Cadmio (Cd) y cobre (Cu) de suelos contaminados* en línea. Tesis para optar por el título de Ingeniería Ambiental. Trujillo: Universidad Privada del Norte. Recuperado a partir de: repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25862/TRABAJO_PARCIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y [consultado 1 mayo 2023].
- OCAÑA CUEVA, Guadalupe Chris, 2022. *Comparación de la eficacia de la fitorremediación mediante el geranio (Pelargonium hortorum) y el girasol (Helianthus annuus) para la recuperación de suelos provenientes de la concesión minera mister muki distrito San Rafael, provincia Ambo, departamento Huánuco 2022* en línea. Título de Ingeniero Ambiental. Huánuco: Universidad de Huánuco. Recuperado a partir de: <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/47/browse?value=Metal+pesado&type=subject> [consultado 1 julio 2023].
- OGUNDIRAN, Mary B., MEKWUNYEI, Nosike S. y ADEJUMO, Sifau A., 2018. Compost and biochar assisted phytoremediation potentials of Moringa oleifera for remediation of lead contaminated soil. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Vol. 6, número 2, pp. 2206–2213. DOI 10.1016/j.jece.2018.03.025.
- ORGANISMO DE FISCALIZACIÓN Y EVALUACIÓN AMBIENTAL (OEFA), 2017. *Plan de evaluación ambiental en el ámbito de la zona Industrial de Ventanilla*

- *Mi Perú, Provincia Constitucional del Callao durante el año 2017* en línea. Lima. Recuperado a partir de: http://visorsig.oefa.gob.pe/datos_de/PM0201/PM020102/02/PA/PA_0021-2017-OEFA-DE-CEAPIO.pdf [consultado 17 agosto 2022].

ORROÑO, Daniela Inés. y LAVADO, R. S., 2009. Heavy metal accumulation in *Pelargonium hortorum*: Effects on growth and development. *Revista internacional de botánica experimental* en línea. Vol. 78, pp. 75–82. Recuperado a partir de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v78n1/v78n1a13.pdf> [consultado 9 marzo 2023].

ORROÑO, Daniela Ines, 2002. *Acumulación de metales (cadmio, zinc, cobre, cromo, níquel y plomo) en especies del género Pelargonium: suministro desde el suelo, ubicación en la planta y toxicidad* en línea. Tesis de doctorado. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Recuperado a partir de: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/doctorado/2011orronodanielaines.pdf> [consultado 16 abril 2023].

ORTIZ CANO, H. G. et al., 2009. Fitoextracción de plomo y cadmio en los suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus* L) y micorrizas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* en línea. Vol. 15, número 2, pp. 161–168. Recuperado a partir de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000200009 [consultado 17 abril 2023].

OSMAN H, Mohammed et al., 2017. Efficiency of flax (*Linum usitatissimum* L.) as a phytoremediator plant for the contaminated soils with heavy metals. *International Journal of Agriculture and Environmental Research* en línea. Vol. 03, número 04. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/319852471_International_Journal_of_Agriculture_and_Environmental_Research_EFFICIENCY_OF_FLAX_Linum_usitatissimum_L_AS_A_PHYTOREMEDIATOR_PLANT_FOR_THE_CONTAMINATED_SOILS_WITH_HEAVY_METALS [consultado 19 mayo 2023].

- PANDEY, Janhvi, SARKAR, Sougata y PANDEY, Chandra Vimal, 2019. Compost-assisted phytoremediation. En: *Assisted Phytoremediation*. DOI 10.1016/B978-0-12-822893-7.00001-X.
- PÉREZ, Aridio, CÉSPEDES, Carlos y NÚÑEZ, Pedro, 2008. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* en línea. Vol. 4, pp. 10–29. Recuperado a partir de: <https://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v8n3/art02.pdf> [consultado 21 abril 2023].
- RAHIMI, Bitá y MANAVI, Parisa Nejatkhah, 2010. Availability, Accumulation and Elimination of Cadmium by *Artemia urmiana* in Different Salinities. *Journal of the Biological Environment* en línea. Vol. 4, número 12, pp. 149–157. Recuperado a partir de: <https://uludag.edu.tr/dosyalar/jbes/12/mak07.pdf> [consultado 16 abril 2023].
- RAMOS MIRAS, José, 2022. *Estudio de la contaminación por metales pesados y procesos de degradación química en los suelos de invernadero del poniente almeriense*. 2022. Recuperado a partir de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=218936> [consultado 30 abril 2023].
- ROBINSON, Brett et al., 2006. *Phytoremediation for the management of metal flux in contaminated sites* en línea. Recuperado a partir de: <https://www.researchgate.net/publication/228362305> [consultado 16 abril 2023].
- RODRIGUEZ ALZAMORA, Ricardo, 2017. *Fundamentos de Química General* en línea. Ecuador: Editorial UPSE. ISBN 978-9942-776-01-3. Recuperado a partir de: https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4271/1/Fundamentos%20de%20Quimica%20General_Disoluciones%2C%20propiedades%20coligativas%20y%20gases%20ideales.pdf [consultado 19 mayo 2023].
- RODRÍGUEZ, Roberto y GARCÍA-CORTÉS, Angel, 2006. *Los residuos mineros metalúrgicos en el medio ambiente* en línea. Madrid: Instituto Geológico y

Minero de España. ISBN 8478406565. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/228362305_Phytoremediation_for_the_management_of_metal_flux_in_contaminated_sites [consultado 16 abril 2023].

SÁNCHEZ FLORES, Fabio Anselmo, 2019. Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*. pp. 101–122. DOI 10.19083/ridu.2019.644.

SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA PETRÓLEO Y ENERGÍA (SNMPE), 2015. *Informe quincenal de la SNMPE* en línea. Recuperado a partir de: http://www.confiep.org.pe/facipub/upload/publicaciones/1/962/informe_plomo_snmpe.pdf [consultado 20 abril 2023].

SUPO, Jose, 2012. *Seminarios de la investigación científica* en línea. Recuperado a partir de: <http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/1000012/un3/pdf/seminv-sinopsis.pdf> [consultado 20 abril 2023].

SUPO, Jose, 2014. *Cómo elegir una muestra – Técnicas para seleccionar una muestra representativa* en línea. Primera Edición. Arequipa: Bioestadístico E.I.R.L. ISBN 1493718657. Recuperado a partir de: <https://dariososafoula.files.wordpress.com/2017/01/como-elegir-una-muestra-jose-suppo.pdf> [consultado 20 abril 2023].

VALVERDE APFATA, Neryeling Cris, 2019. *Evaluación de Pelargonium zonale para fitoextraer plomo de suelos agrícolas en El Mantaro - Jauja* en línea. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado a partir de: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6087/T010_46225104_M_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y [consultado 13 julio 2023].

WONG, M H, 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere*. Vol. 50, pp. 775–780. DOI 10.1016/S0045-6535(02)00232-1.

X. ANEXOS

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente (Y)	Variación de concentraciones en los tratamientos	Variación porcentual entre la Concentración final e inicial de Pb $(C_f - C_i) / C_i$	%	Tipo de investigación: Aplicada
¿El <i>Pelargonium hortorum</i> es efectivo en la fitorremediación de los suelos contaminados por Pb y Cd del AA.HH. Virgen de Guadalupe, 2023?	Evaluar la efectividad del <i>Pelargonium Hortorum</i> para fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd entre los tratamientos empleados.	El <i>Pelargonium hortorum</i> es efectivo para fitorremediar suelos contaminados con Pb y Cd.	Efectividad del <i>Pelargonium hortorum</i>	.	Variación porcentual entre la Concentración final e inicial de Cd $(C_f - C_i) / C_i$	%	Nivel de investigación: Explicativa
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente (X)	Reducción de concentraciones	Concentración de Pb en suelo	mg/kg PS	Enfoque: Cuantitativa
¿La muestra de suelo obtenido del A.H. Virgen de Guadalupe contiene Pb y Cd?	Analizar las concentraciones de Pb y Cd en la muestra de suelo obtenida del A.H. Virgen de Guadalupe.	La muestra de suelo obtenido del A.H. Virgen de Guadalupe contiene Pb y Cd.	Fitorremediación de suelos contaminados por Pb y Cd	.	Concentración de Cd en suelo	mg/kg PS	Diseño: Experimental
¿El <i>Pelargonium hortorum</i> fitorremedia los suelos contaminados con Pb y Cd?	Determinar si el <i>Pelargonium hortorum</i> fitorremedia los suelos contaminados con Pb y Cd.	El <i>Pelargonium hortorum</i> fitorremedia los suelos contaminados con Pb y Cd.					Investigación: Descriptivo
¿La adición de compost mejora la fitorremediación del <i>Pelargonium hortorum</i> de suelos contaminados con Pb y Cd?	Determinar si la adición de compost mejora la fitorremediación del <i>Pelargonium hortorum</i> en suelos contaminados con Pb y Cd.	La adición de compost mejora la fitorremediación del <i>Pelargonium hortorum</i> de suelos contaminados con Pb y Cd.					Método: Hipotético-deductivo
¿La adición de humus mejora la fitorremediación del <i>Pelargonium hortorum</i> de suelos contaminados con Pb y Cd?	Determinar si la adición de humus mejora la fitorremediación del <i>Pelargonium hortorum</i> en suelos contaminados con Pb y Cd.	La adición de humus mejora la fitorremediación del <i>Pelargonium hortorum</i> de suelos contaminados con Pb y Cd.					Técnica: Observación
							Instrumento: Análisis de laboratorio
							Población: Suelo contaminado con metales plomo y cadmio del distrito de Mi Perú
							Muestra: 30 Kg de suelo contaminado con metales plomo y cadmio del distrito de Mi Perú
							Prueba estadística: ANOVA

INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres experto: Marcos Miguel Retamozo Ramos

Institución donde labora: Universidad Peruana Cayetano Heredia – Ingeniería Ambiental

Instrumentos de evaluación: Ficha de muestreo

Autor del instrumento: Fernandez Quiroz Ingrid Karyme, Tejada Paucar Fiorela y Valderrama Vásquez Carol Gladys

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente 1 - 20	Regular 21 - 40	Buena 41 - 60	Muy Buena 61 - 80	Excelente 81 - 100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. Objetividad	Está de acuerdo a las leyes y necesidades de la investigación.					X
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
4. Organización	Existe una organización lógica entre variables e indicadores.				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad.				X	
6. Consistencia	Consistencia entre la formulación de problema, objetivos e hipótesis.				X	
7. Coherencia	De indicadores y dimensiones.				X	
8. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.				X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- Los instrumentos cumplen con los requisitos para su aplicación.
- Los instrumentos no cumplen con los requisitos para su aplicación.

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Muy buena

Lugar y fecha: Bellavista, 20 de abril del 2023

N° DNI: 46374943

Teléfono: 900741244


MSc. Marcos Miguel Retamozo Ramos

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS

DATOS GENERALES								
Nombre del sitio de estudio:	Departamento:							
Razón social:	Provincia:							
Uso principal:	Dirección del predio:							
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO								
Nombre del punto de muestreo:	Operador: (empresa/persona)							
Coordenadas: X: Y: (UTM, WGAS84)	Descripción de la superficie: (p.e. asfalto, cemento, vegetación)							
Temperatura (°C):	Precipitación (si/no, intensidad):							
Técnica de muestreo: (p.e. sondeo manual/semi- mecánico/mecánico, zanja)	Instrumentos usados:							
Profundidad final: (en metros bajo la superficie)	Napa freática: (si/no, profundidad en m)							
Instalación de un pozo en el agujero: (si/no, descripción):	Relleno del agujero después del muestreo: (si/no, descripción)							
DATOS DE LAS MUESTRAS								
Clave de la muestra:								
Fecha:								
Hora:								
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie)								

Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie)								
Características organolépticas:								
Color:								
Olor:								
Textura:								
Compactación / consistencia:								
Humedad:								
Componentes antropogénicos:								
Estimación de la fracción > 2 mm (%)								
Cantidad de la muestra: (volumen o peso)								
Medidas de conservación:								
Tipo de muestra: (simple / compuesta)								

PARA MUESTRAS SUPERFICIALES COMPUESTAS:

Área de muestreo (m ²):	
Número de sub-muestras:	
Comentarios	Croquis:

ANEXO N° 1
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

ANEXO N° 2

INFORMES DE ENSAYO –

CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

ANEXO N° 3
FICHAS DE MUESTREO DE SUELO

ANEXO N° 4
INFORMES DE ENSAYO - TRATAMIENTOS

ANEXO N° 5
REGISTRO FOTOGRÁFICO

A. Visita de campo y recolección de muestra de suelo

La recolección de la muestra se realizó en varios puntos como se puede apreciar en las siguientes imágenes.



A la espalda del mercado del A.H. Virgen de Guadalupe



Frente a la loza deportiva y Parque del A.H. de Virgen de Guadalupe



Frente al parte industrial



Frente a la vivienda Mz A Lt. 1 – A.H. Virgen de Guadalupe

B. Preparación de los tratamientos

En las siguientes fotografías se muestra, la adición y mezcla de la muestra de suelo contaminado con los aditivos compost y humus.



Adición de compost y humus a la muestra de suelo contaminado



Mezcla de la muestra con los aditivos empleados

C. Traspaso del *Pelargonium Hortorum* a los tratamientos

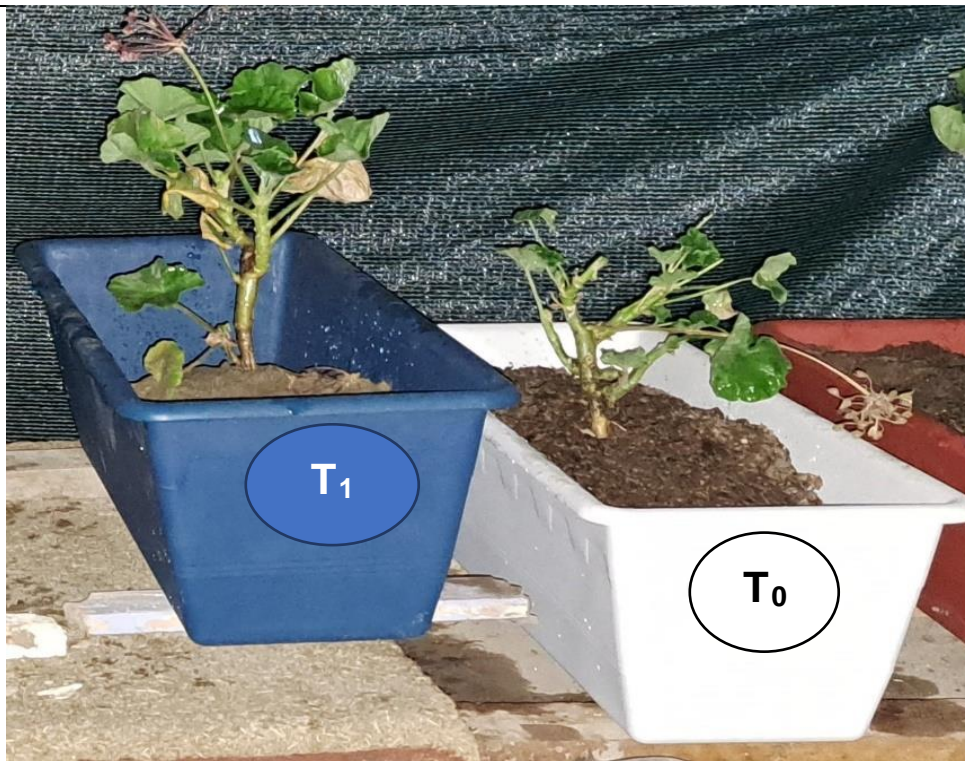
En las siguientes fotografías se puede observar el traspaso de los ejemplares de *Pelargonium Hortorum* a cada uno de los tratamientos.



Traspaso del *Pelargonium hortorum* a los tratamientos

D. Tratamientos

En las siguientes fotografías, se pueden observar cada uno de los tratamientos empleados.



Donde:

T₁: Tratamiento con suelo contaminado

T₀: Tratamiento con tierra de chacra

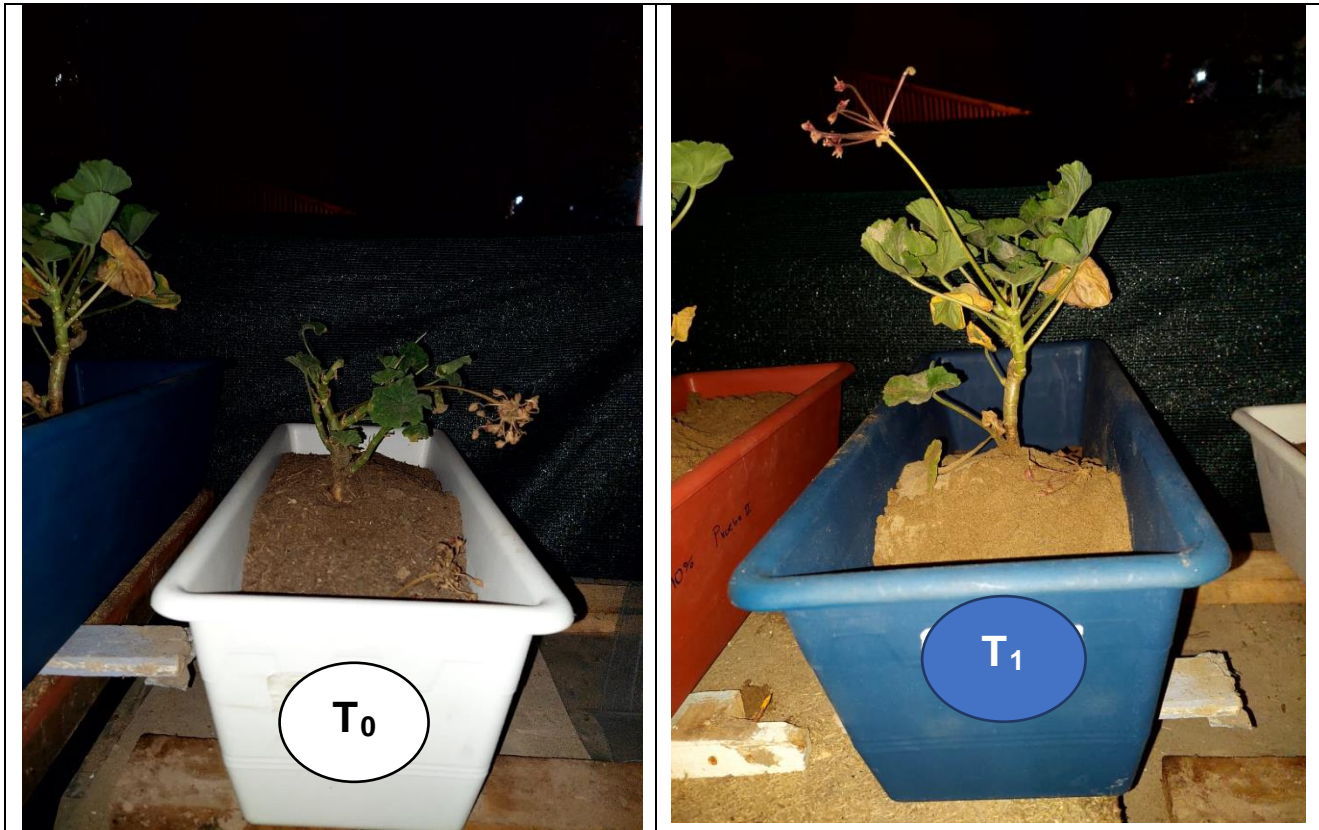


Donde:

T₂: Tratamiento con suelo contaminado y aditivo compost

T₃: Tratamiento con suelo contaminado y aditivo humus

E. Seguimiento

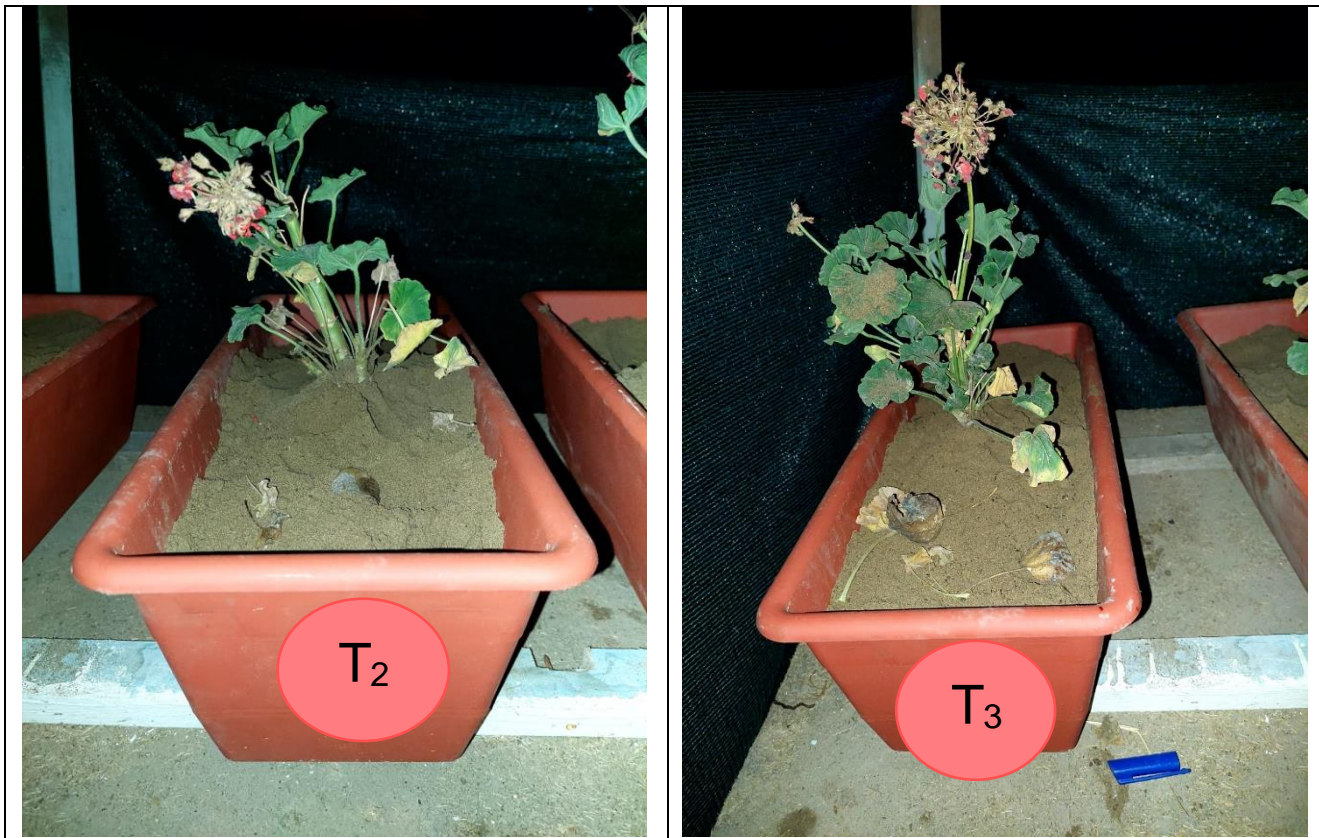


Seguimiento a los tratamientos T₀ y T₁

Donde:

T₁: Tratamiento con suelo contaminado

T₀: Tratamiento con tierra de chacra



Seguimiento a los tratamientos T₂ y T₃

Donde:

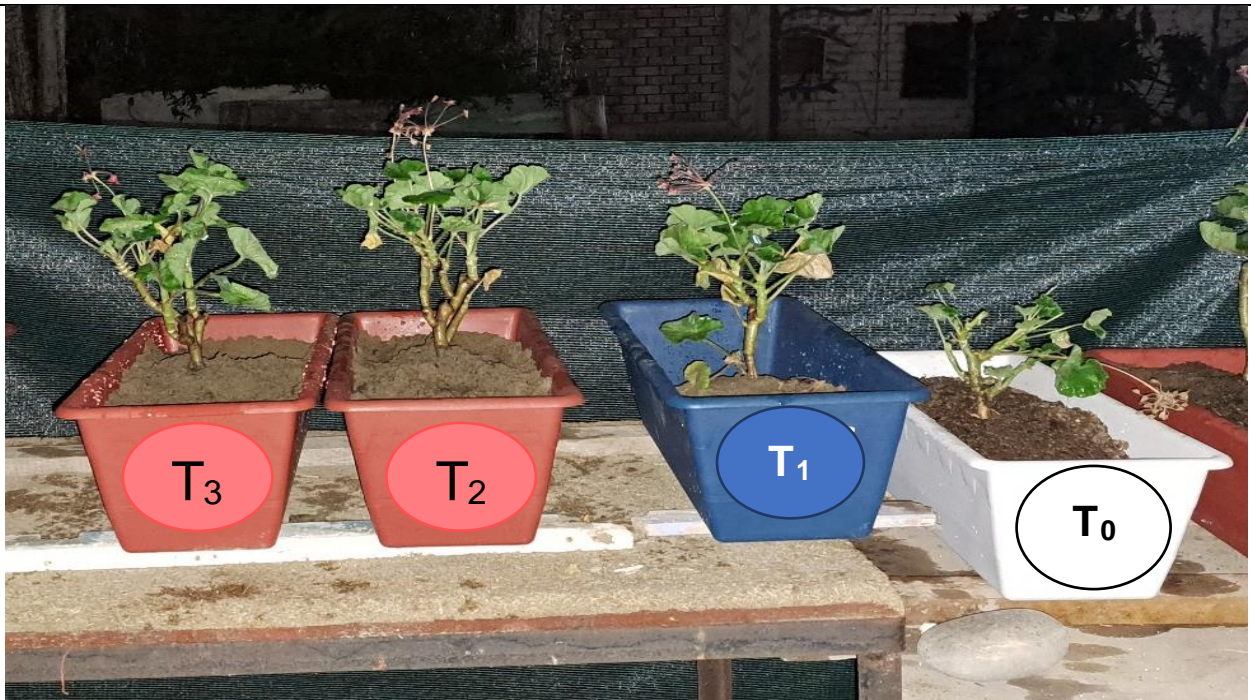
T₂: Tratamiento con suelo contaminado y aditivo compost

T₃: Tratamiento con suelo contaminado y aditivo humus





Riego de cada uno de los tratamientos empleados



Control de los tratamientos empleados

INFORME DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres experto: Marcos Miguel Retamozo Ramos

Institución donde labora: Universidad Peruana Cayetano Heredia – Ingeniería Ambiental

Instrumentos de evaluación: Ficha de muestreo

Autor del instrumento: Fernandez Quiroz Ingrid Karyme, Tejada Paucar Fiorela y Valderrama Vásquez Carol Gladys

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indicadores	Criterios	Deficiente 1 - 20	Regular 21 - 40	Buena 41 - 60	Muy Buena 61 - 80	Excelente 81 - 100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. Objetividad	Está de acuerdo a las leyes y necesidades de la investigación.					X
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
4. Organización	Existe una organización lógica entre variables e indicadores.				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad.				X	
6. Consistencia	Consistencia entre la formulación de problema, objetivos e hipótesis.				X	
7. Coherencia	De indicadores y dimensiones.				X	
8. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.				X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- Los instrumentos cumplen con los requisitos para su aplicación.
- Los instrumentos no cumplen con los requisitos para su aplicación.

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Muy buena

Lugar y fecha: Bellavista, 20 de abril del 2023

N° DNI: 46374943

Teléfono: 900741244


MSc. Marcos Miguel Retamozo Ramos

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS

DATOS GENERALES								
Nombre del sitio de estudio:	Departamento:							
Razón social:	Provincia:							
Uso principal:	Dirección del predio:							
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO								
Nombre del punto de muestreo:	Operador: (empresa/persona)							
Coordenadas: X: Y: (UTM, WGAS84)	Descripción de la superficie: (p.e. asfalto, cemento, vegetación)							
Temperatura (°C):	Precipitación (si/no, intensidad):							
Técnica de muestreo: (p.e. sondeo manual/semi- mecánico/mecánico, zanja)	Instrumentos usados:							
Profundidad final: (en metros bajo la superficie)	Napa freática: (si/no, profundidad en m)							
Instalación de un pozo en el agujero: (si/no, descripción):	Relleno del agujero después del muestreo: (si/no, descripción)							
DATOS DE LAS MUESTRAS								
Clave de la muestra:								
Fecha:								
Hora:								
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie)								

Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie)								
Características organolépticas:								
Color:								
Olor:								
Textura:								
Compactación / consistencia:								
Humedad:								
Componentes antropogénicos:								
Estimación de la fracción > 2 mm (%)								
Cantidad de la muestra: (volumen o peso)								
Medidas de conservación:								
Tipo de muestra: (simple / compuesta)								
PARA MUESTRAS SUPERFICIALES COMPUESTAS:								
Área de muestreo (m ²):								
Número de sub-muestras:								
Comentarios	Croquis:							

ANEXO N° 1
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

MUSEO DE HISTORIA NATURAL



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CONSTANCIA N° 079-USM-MHN-2023

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (fértil) recibida de **Ingrid Karyme Fernandez Quiroz**, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional del Callao ha sido estudiada y clasificada como: *Pelargonium hortorum* L. H. Barley y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).

ORDEN : Geraniales

FAMILIA : GERANIACEAE

GÉNERO : *Pelargonium*

ESPECIE : *Pelargonium hortorum* L. H. Barley

Nombre vulgar: “geranio”

Procedencia: Vivero - Universidad Agraria la Molina

Determinado por: MSc. Hamilton Beltrán Santiago.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 2 de mayo de 2023

Dra. Joaquina Alban Castillo

JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

ANEXO N° 2

INFORMES DE ENSAYO –
CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA



**BUREAU
VERITAS**



TL-1127

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 05405L/23-MA

Pag. 1 / 4

ORGANISMO ACREDITADO : INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C

REGISTRO DE ACREDITACIÓN : TL-1127

CLIENTE : CAROL GLADYS VALDERRAMA VÁSQUEZ

DIRECCIÓN : URBANIZACIÓN LAS FRESAS MZ J LOTE 16, CALLAO - CALLAO -
CALLAO

PRODUCTO : SUELOS

MATRIZ : SUELOS

NÚMERO DE MUESTRAS : 18

PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS : FRASCOS DE PLÁSTICO (BOCA ANCHA)

PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : MUESTRAS ENVIADAS POR EL CLIENTE

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO DECLARADO POR EL CLIENTE

FECHA DE MUESTREO : 11/05/2023

LUGAR DE MUESTREO : CALLAO - PROV. CONST. DEL CALLAO - CALLAO

REFERENCIA DEL CLIENTE : EFECTIVIDAD DEL PELARGONIUM HORTORUM EN LA
FITORREMIEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO
Y CADMIO DEL ASENTAMIENTO HUMANO VIRGEN DE
GUADALUPE, CALLAO 2023

FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 16/05/2023

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO : 16/05/2023

FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 23/05/2023

SOLICITUD DE SERVICIO : SS-05081-23 - LMA

Callao, 23 de Mayo de 2023

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
< "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
> "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com





**BUREAU
VERITAS**



TL-1127

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 05405L/23-MA

Pag. 2 / 4

Inspectorate Services Perú S.A.C
A Bureau Veritas Group Company

Firmado Digitalmente por
DAISY LIZ VALLÉ ALVARADO
Fecha: 25/05/2023 01:48:35 PM
C.I.P.: 169884
Supervisor de Laboratorio



**BUREAU
VERITAS**

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
< "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
> "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com





**BUREAU
VERITAS**



TL-1127

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 05405L/23-MA

Pag. 3 / 4

RESULTADOS DE ANÁLISIS

	SU-01	SU-02	SU-03	SU-04
Estación de Muestreo	SU-01	SU-02	SU-03	SU-04
Fecha de Muestreo	11/05/2023	11/05/2023	11/05/2023	11/05/2023
Hora de Muestreo	11:00	11:00	11:00	11:00
Código de Laboratorio	004708-0001	004708-0002	004708-0003	004708-0004
Matriz	SU	SU	SU	SU

Ensayos Medio Ambiente

Ensayo	Unidad	L.C.	L.D				
Carbonato de calcio	%CaCo3	-	-	2,20	3,66	2,68	2,78
Electrical conductivity	dS/m	0,001	-	8,842	3,044	8,343	5,630
Materia orgánica	%	-	-	0,39	34,04	1,36	0,85

Capacidad De Intercambio Catiónico Y Cationes

Ensayo	Unidad	L.C.	L.D				
Cation exchange capacity	meq/100g	0,010	0,005	6,10	26,45	5,27	6,74
Ca ++	meq/100g	0,03	0,01	16,38	26,64	31,46	9,84
Mg ++	meq/100g	0,04	0,02	1,07	4,60	2,79	0,90
Na +	meq/100g	0,010	0,005	13,540	4,080	11,650	3,160
K+	meq/100g	0,02	0,01	0,61	7,31	3,22	0,71

Textura

Ensayo	Unidad	L.C.	L.D				
% Clay	%	1,00	0,50	1,42	1,43	---	---
% Sand	%	2,00	1,00	86,90	82,53	---	---
% Silt	%	2,00	1,00	11,68	16,04	---	---
Textural class(a)	%	-	-	ARENA	ARENA FRANCA	---	---

MÉTODOS DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Calcium Carbonate	NOM-021-SEMARNAT-2000 Item 7.3.25 (Validated - Applied out of scope) 2002 Method AS-29 Official Mexican standard that establishes the specifications of fertility, salinity and classification of soils, study, sampling and analysis.
Capacity for Cationic Exchange and Interchangeable Cations: CIC; Ca++; Mg++; Na+, K+	ISP - 411 Ver. 01 2022 Determination of Cationic Exchange Capacity and Interchangeable Cations: CIC; Ca++; Mg++; Na+, K+ in soils, sludge and sediments.
Electrical conductivity	NOM-021-SEMARNAT-2000 (Validated - Applied out of scope) 2000 Method AS-16, AS-18 Official Mexican Standard that establishes the specifications of fertility, salinity and classification of soils, study, sampling and analysis
Materia orgánica	NOM-021-SEMARNAT-2000 Item 7.1.7 (Validated applied out of scope) 2002 Method AS-07 Walkley and Black. Official Mexican Standard that establishes the specifications of fertility, salinity and classification of soils, study, sampling and analysis
Texture	ISP - 410 Ver. 01 2022 Determination of texture in soil, mud and sediment

MATRICES

MATRIZ	DESCRIPCIÓN
SU	SUELOS

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
 Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
 < "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
 > "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
 A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
 Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com





**BUREAU
VERITAS**



TL-1127

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 05405L/23-MA

Pag. 4 / 4

NOTAS

Las muestras que ingresaron al Laboratorio en condiciones idóneas para la realización de los análisis solicitados; se emiten acreditadas según alcance ante IAS.

"L.C." significa Límite de cuantificación.

"L.D." significa Límite de detección.

Los datos para la identificación de las muestras recibidas y datos del muestreo fueron proporcionadas por el cliente.

El laboratorio no se hace responsable cuando la información y muestra proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.

(a) Los analitos indicados no han sido acreditados por IAS.



**BUREAU
VERITAS**

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
< "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
> "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com





**BUREAU
VERITAS**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 05406L/23-MA

Pag. 1 / 3

ORGANISMO ACREDITADO : INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C

REGISTRO DE ACREDITACIÓN : N° LE - 031

CLIENTE : CAROL GLADYS VALDERRAMA VÁSQUEZ

DIRECCIÓN : URBANIZACIÓN LAS FRESAS MZ J LOTE 16, CALLAO - CALLAO -
CALLAO

PRODUCTO : SUELOS

MATRIZ : SUELOS

NÚMERO DE MUESTRAS : 12

PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS : FRASCOS DE PLÁSTICO (BOCA ANCHA)

PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : MUESTRAS ENVIADAS POR EL CLIENTE

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO DECLARADO POR EL CLIENTE

FECHA DE MUESTREO : 11/05/2023

LUGAR DE MUESTREO : CALLAO - PROV. CONST. DEL CALLAO - CALLAO

REFERENCIA DEL CLIENTE : EFECTIVIDAD DEL PELARGONIUM HORTORUM EN LA
FITORREMIEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO
Y CADMIO DEL ASENTAMIENTO HUMANO VIRGEN DE
GUADALUPE, CALLAO 2023

FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 16/05/2023

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO : 16/05/2023

FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 23/05/2023

SOLICITUD DE SERVICIO : SS-05081-23 - LMA

Callao, 23 de Mayo de 2023

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
< "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
> "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com



**BUREAU
VERITAS**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 05406L/23-MA

Pag. 2 / 3

Inspectorate Services Perú S.A.C
A Bureau Veritas Group Company



**BUREAU
VERITAS**

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
< "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
> "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central : 51 (1) 3195100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 05406L/23-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

	SU-01	SU-02	SU-03	SU-04
Estación de Muestreo	SU-01	SU-02	SU-03	SU-04
Fecha de Muestreo	11/05/2023	11/05/2023	11/05/2023	11/05/2023
Hora de Muestreo	11:00	11:00	11:00	11:00
Código de Laboratorio	004709-0005	004709-0006	004709-0007	004709-0008
Matriz	SU	SU	SU	SU

Ensayos Medio Ambiente

Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.				
FOSFORO DISPONIBLE(*)	mg/Kg	0,5	-	1,4	7,4	3,1	2,5
pH	Unidad de pH	-	-	7,86	7,53	7,61	7,76
Potasio Disponible(*)	mg/Kg	-	-	4,27	35,27	11,01	13,21

MÉTODOS DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
(*)Fósforo Disponible	NOM-021-RECNAT-2000. Item 7.1.10 AS-10 2002 Determinación de Fósforo Disponible.
pH	EPA 9045 D, Rev.4. 2004 Soil and Waste pH
(*)Potasio Disponible	Referencia: USAID/Lima; Cap B, Pag. 12: Determinación de Potasio Disponible; Analisis de suelos, tejidos vegetales, aguas y fertilizantes; Instituto de investigación agraria Manual No 18-93, Diciembre 1993.

MATRICES

MATRIZ	DESCRIPCIÓN
SU	SUELOS

NOTAS

Las muestras que ingresaron al Laboratorio en condiciones idóneas para la realización de los análisis solicitados; se emiten acreditadas según alcance ante INACAL-DA.

"L.C." significa Límite de cuantificación.

"L.D." significa Límite de detección.

Los datos para la identificación de las muestras recibidas y datos del muestreo fueron proporcionadas por el cliente.

El laboratorio no se hace responsable cuando la información y muestra proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).

< "valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
> "valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

ANEXO N° 3
FICHAS DE MUESTREO DE SUELO

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio de estudio: M? Perú P.H. Virgen de G.	Departamento: —
Razón social: —	Provincia: Constitucional del Callao
Uso principal: Residencial parque.	Dirección del predio: Universidad - Nacional del Callao.
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Nombre del punto de muestreo: T-01	Operador: Proyecto: Pelargonium Hortorum en la Fitorremediación de suelos contaminados por Plomo y Cadmio del Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe.
Coordenadas: X: — Y: — (UTM, WGS84)	Descripción de la superficie: Vegetación (p.e. asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C): —	Precipitación (día, intensidad): NO
Técnica de muestreo: Manual (p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja)	Instrumentos usados: Bolsa hermética, pala
Profundidad final: 10 cm (en metros bajo la superficie)	Napa freática: NO (día, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: No (sí/no, descripción)	Relleno del agujero después del muestreo: NA
DATOS DE LAS MUESTRAS	
Clave de la muestra: T-01	T-01
Fecha: 23/04/2023	22/05/2023
Hora: 11:20 a.m.	4:45 p.m.
Profundidad desde: 0-10 cm (en metros bajo la superficie)	0-10 cm
Profundidad hasta: 10 cm (en metros bajo la superficie)	10 cm
Características organolépticas:	—
Color:	—
Olor:	—
Textura:	arenoso
Compactación / consistencia:	No compactado
	NO compactado

Humedad	Sí	Sí	Sí
Componentes antropogénicos.	-	-	-
Estimación de la fracción > 2 mm (%)	-	-	-
Cantidad de la muestra: (volumen o peso)	1KS	1KS	1KS.
Medidas de conservación:	ND	NP	NA
Tipo de muestra: (simple / compuesta)	Simple	Simple	Simple
PARA MUESTRAS SUPERFICIALES COMPUESTAS:			
Área de muestreo (m ²):	—		
Número de sub-muestras:	—		
Comentarios	<p>Croquis:</p> <p>Se recolectaron muestras del tratamiento T1 para su posterior análisis en el laboratorio.</p> <p style="text-align: center;">—</p>		

DATOS GENERALES


Nombre del sitio de estudio:	Mi Perú A.H. Virgen de G.
Razón social:	-
Departamento:	-
Provincia:	Constitucional del Callao
Dirección del predio:	Universidad Nacional del Callao

DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO

Nombre del punto de muestreo:	T-02
Operador:	Proyecto: Petargonium Hortonum en la fitoremediación de suelos contaminados por Plomo y Cadmio del A.H. Virgen de Guadalupe
Coordenadas:	X: - Y: (UTM, WGAS84)
Descripción de la superficie:	Vegetación
Temperatura (°C):	-
Precipitación (si/no, intensidad):	No
Técnica de muestreo:	Manual
(p e sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja)	
Instrumentos usados:	Bolsa hermética, pala
Profundidad final:	10 cm
(en metros bajo la superficie)	
Napa freática:	No
(si/no, profundidad en m)	
Instalación de un pozo en el agujero:	No.
(si/no, descripción):	
Relleno del agujero después del muestreo:	N.A.
(si/no, descripción):	

DATOS DE LAS MUESTRAS

Clave de la muestra:	T-02	T-02
Fecha:	22/05/2023	13/06/2023
Hora:	05:00 p.m.	05:00 p.m.
Profundidad desde:	0-10 cm	0-10 cm
(en metros bajo la superficie)		
Profundidad hasta:	10 cm	10 cm
(en metros bajo la superficie)		
Características organolépticas:	-	-
Color:	-	-
Olor:	-	-
Textura:	-	-
Compactación / consistencia:	No compactado	No compactado.

Humedad:	Sí	Sí
Componentes antropogénicos:	-	-
Estimación de la fracción > 2 mm (%)	-	-
Cantidad de la muestra: (volumen o peso)	3kg	3kg.
Medidas de conservación:	N.A.	N.A.
Tipo de muestra: (simple / compuesta)	Simple	Simple
PARA MUESTRAS SUPERFICIALES COMPUESTAS:		
Área de muestreo (m ²):		
Número de sub-muestras:		
Comentarios	<p>Croquis:</p> <p>Se recolectó muestra para ser llevada posteriormente al laboratorio acreditado.</p> 	

DATOS GENERALES


Nombre del sitio de estudio: Mi Perú A.H. Virgen de G.	Departamento: -
Razón social: -	Provincia: Constitucional del Callao
Uso principal: Parque Residencial	Dirección del predio: Universidad Nacional del Callao

DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO

Nombre del punto de muestreo: T-03	Operador: Proyecto: Pelargonium Hortorum en la fitoremediación de suelos contaminados por Plomo y Cadmio del A.H. Virgen de Guadalupe
Coordenadas: X: - Y: (UTM, WGAS84)	Descripción de la superficie: Vegetación
Temperatura (°C): -	Precipitación (si/no, intensidad): No
Técnica de muestreo: Manual (p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja)	Instrumentos usados: Bolsa hermética, pala
Profundidad final: 10 cm (en metros bajo la superficie)	Napa freática: No (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: No. (si/no, descripción)	Relleno del agujero después del muestreo: N.A.

DATOS DE LAS MUESTRAS

Clave de la muestra:	T-03	T-03	
Fecha:	22/05/2023	13/06/2023	
Hora:	05:00 p.m.	05:00 p.m.	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie)	0-10 cm	0-10 cm	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie)	10 cm	10 cm	
Características organolépticas:	-	-	
Color:	-	-	
Olor:	-	-	
Textura:	-	-	
Compactación / consistencia:	No Compactado	No Compactado	No Compactado.

Humedad:	Sí	Sí
Componentes antropogénicos:	-	-
Estimación de la fracción > 2 mm (%)	-	-
Cantidad de la muestra: (volumen o peso)	3kg	3kg.
Medidas de conservación:	N.A.	N.A.
Tipo de muestra: (simple / compuesta)	Simple	Simple
PARA MUESTRAS SUPERFICIALES COMPUESTAS:		
Área de muestreo (m ²):		
Número de sub-muestras:		
Comentarios	<p>Croquis:</p> <p>Se recolectó muestra para ser llevada posteriormente al laboratorio acreditado.</p> 	

ANEXO N° 4
INFORMES DE ENSAYO - TRATAMIENTOS

**INFORME DE ENSAYO
N° 2304-144**

RAZON SOCIAL : INGRID KARYME FERNÁNDEZ QUIROZ
DIRECCIÓN : CALLE LAS CHIRIMOYAS MZ K LOTE 8- SAN JUAN BAUTISTA III COMAS
SOLICITADO POR : INGRID KARYME FERNANDEZ QUIROZ
ORDEN DE SERVICIO : OS 2304-57
PROYECTO : EFECTIVIDAD DEL PELARGORIUM EN LA FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PB Y CD
PROCEDENCIA : ASENTAMIENTO HUMANO VIRGEN DE GUADALUPE - MI PERÚ - CALLAO
MUESTREADO POR : CLIENTE
CANTIDAD DE MUESTRAS : 1
PRODUCTO : SUELO
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MONITOREO : NO APLICA
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-04-29
PERIODO DE ENSAYO : Del 2023-04-29 al 2023-05-22
FECHA DE EMISIÓN : 2023-05-23

Gracias por utilizar los servicios de GREENLAB PERÚ S.A.C. Póngase en contacto con el Ejecutivo de Ventas, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenezcan a este informe.

Informe Autorizado por

Karin Loayza O.
Jefe de Laboratorio

Juan Ramirez M.
Jefe de Calidad
C.I.P. N° 264960

Nota:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a las muestras como se reciben.

**INFORME DE ENSAYO
N° 2304-144**

RESULTADOS DE ANALISIS

Código del Laboratorio	:	2304-144-1
Descripción de la muestra	:	SU-01
Fecha muestreo	:	2023-04-23
Hora muestreo	:	11:20 a. m.
Categoría	:	SUELO
Sub categoría	:	SUELO
Fecha de Recepción	:	2023-04-29
Hora de Recepción	:	11:00 a. m.
Coordenadas (WGS-84)	:	E: 0268641 N: 8687758

Parámetros	Unidades	Fecha de Análisis	L.C.M.	Resultado
Análisis Metales				
-Aluminio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	1,20	7169.78
-Antimonio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	2,27	< 2,27
-Arsenico	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,30	10.10
-Bario	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,30	15.31
-Berilio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,10	2.06
-Calcio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	2,2	9539.2
-Cadmio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,20	9.04
-Cobalto	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,40	6.58
-Cobre	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,60	< 0,60
-Cromo	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	1,20	13.28
-Hierro	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	8,60	< 8,60
-Magnesio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	5,50	4599.63
-Manganeso	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,20	282.04
-Mercurio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,74	< 0,74
-Molibdeno	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	1,05	2.46
-Niquel	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	1,40	3.33
-Plata	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,55	< 0,55
-Plomo	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	2,10	156.64
-Potasio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	94,94	1040.97
-Sodio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	8,80	253.35
-Talio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,30	< 0,30
-Vanadio	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,90	52.65
-Zinc	mg/Kg	Del 2023-04-29 al 2023-05-22	0,60	99.45

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
L.C.M Límite de cuantificación del Método

Nota:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a las muestras como se reciben.

**INFORME DE ENSAYO
N° 2304-144**

CONTROLES DE CALIDAD

BK: Blanco de Laboratorio
MD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
MC % Recuperación: Porcentaje de recuperación de la muestra control
MF % Recuperación: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MFD % RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
BKC: Blanco de Campo

TIPO DE ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	BK	MD % RPD	MC % Recuperación	MF % Recuperación	MFD % RPD	BKC
-Aluminio	mg/Kg	1,20	< 1,20	8,0	101,9	N.A.	N.A.	N.A.
-Antimonio	mg/Kg	2,27	< 2,27	N.A.	104,0	N.A.	N.A.	N.A.
-Arsenico	mg/Kg	0,30	< 0,30	13,5	100,9	N.A.	N.A.	N.A.
-Bario	mg/Kg	0,30	< 0,30	8,3	104,9	N.A.	N.A.	N.A.
-Berilio	mg/Kg	0,10	< 0,10	1,8	104,3	N.A.	N.A.	N.A.
-Calcio	mg/Kg	2,2	< 2,2	3,4	105,2	N.A.	N.A.	N.A.
-Cadmio	mg/Kg	0,20	< 0,20	N.A.	100,8	N.A.	N.A.	N.A.
-Cobalto	mg/Kg	0,40	< 0,40	11,5	96,1	N.A.	N.A.	N.A.
-Cobre	mg/Kg	0,60	< 0,60	16,8	105,4	N.A.	N.A.	N.A.
-Cromo	mg/Kg	1,20	< 1,20	15,4	99,8	N.A.	N.A.	N.A.
-Hierro	mg/Kg	8,60	< 8,60	13,9	100,1	N.A.	N.A.	N.A.
-Magnesio	mg/Kg	5,50	< 5,50	9,2	101,7	N.A.	N.A.	N.A.
-Manganeso	mg/Kg	0,20	< 0,20	8,8	102,2	N.A.	N.A.	N.A.
-Mercurio	mg/Kg	0,74	< 0,74	N.A.	102,8	N.A.	N.A.	N.A.
-Molibdeno	mg/Kg	1,05	< 1,05	N.A.	101,9	N.A.	N.A.	N.A.
-Niquel	mg/Kg	1,40	< 1,40	7,1	102,5	N.A.	N.A.	N.A.
-Plata	mg/Kg	0,55	< 0,55	N.A.	99,4	N.A.	N.A.	N.A.
-Plomo	mg/Kg	2,10	< 2,10	N.A.	104,0	N.A.	N.A.	N.A.
-Potasio	mg/Kg	94,94	< 94,94	7,1	101,6	N.A.	N.A.	N.A.
-Sodio	mg/Kg	8,80	< 8,80	5,1	107,3	N.A.	N.A.	N.A.
-Talio	mg/Kg	0,30	< 0,30	N.A.	102,0	N.A.	N.A.	N.A.
-Vanadio	mg/Kg	0,90	< 0,90	16,6	106,8	N.A.	N.A.	N.A.
-Zinc	mg/Kg	0,60	< 0,60	1,6	105,1	N.A.	N.A.	N.A.

Nota:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. **GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a las muestras como se reciben.**

**INFORME DE ENSAYO
N° 2304-144**

MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TITULO
-------------	------------------	--------

METALES: Aluminio, Arsenico, Plata, Bario, Berilio, Calcio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Potasio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Sodio, Plomo, Antimonio, Talio, Vanadio, Zinc

EPA METHOD 3050 B, Rev. 2 // EPA METHOD 200.7, REV. 4.4 (1996 // 1994)

Acid digestion of sediments, sludges, and soils // Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

Observaciones :

- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
- El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde la toma de la muestra y dependiendo del parámetro a ser analizado.

Nota:

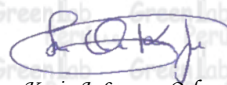
Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. **GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a las muestras como se reciben.**

INFORME DE ENSAYO
N° 2306-23

RAZÓN SOCIAL : INGRID KARYME FERNANDEZ QUIROZ
DIRECCIÓN : CALLE CHIRIMOYA MZ. K LOTE 8 - SAN JUAN BAUTISTA, COMAS
SOLICITADO POR : INGRID KARYME FERNANDEZ QUIROZ
ORDEN DE SERVICIO : OS 2306-15
PROYECTO : PELARGONIUM HORTORUM EN LA FITORREMIEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS
PROCEDENCIA : INVESTIGACIÓN - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
MUESTREADO POR : CLIENTE
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3
PRODUCTO : SUELO
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MONITOREO : NO APLICA
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-05
PERIODO DE ENSAYO : Del 2023-06-05 al 2023-06-13
FECHA DE EMISIÓN : 2023-06-15

Gracias por utilizar los servicios de GREENLAB PERÚ S.A.C. Póngase en contacto con el Ejecutivo de Ventas, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenezcan a este informe.

Informe Autorizado por



Karín J. Loayza Ochoa
Jefa de Laboratorio



Juan Ramírez Martínez
C.I.P. 264960
Jefe de Calidad

Nota:

Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio . Resultados validos para la muestra referida en el presente informe . Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce . GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a la muestras como se reciben.

**INFORME DE ENSAYO
N° 2306-23**

RESULTADOS DE ANALISIS

Código del Laboratorio	:	2306-23-1	2306-23-2	2306-23-3
Descripción de la muestra	:	T-1	T-2	T-3
Fecha muestreo	:	2023-05-22	2023-05-22	2023-05-22
Hora muestreo	:	4:45 p. m.	5:00 p. m.	5:00 p. m.
Categoría	:	SUELO	SUELO	SUELO
Sub categoría	:	SUELO	SUELO	SUELO
Fecha de Recepción	:	2023-06-05	2023-06-05	2023-06-05
Hora de Recepción	:	5:00 p. m.	5:00 p. m.	5:00 p. m.
Coordenadas (WGS-84)	:	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA

Parámetros	Unidades	Fecha de Análisis	L.C.M.	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Metales						
-ALUMINIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	1,20	8515.88	8788.07	8980.12
-ANTIMONIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	2,27	< 2,27	< 2,27	< 2,27
-ARSENICO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,30	7.99	9.08	10.63
-BARIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,30	12.17	12.94	12.53
-BERILIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
-CALCIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	2,2	9519.3	11690.3	12024.6
-CADMIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,20	0.95	2.29	3.37
-COBALTO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,40	7.32	7.89	7.43
-COBRE	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,60	66.55	122.39	168.89
-CROMO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	1,20	13.49	15.84	14.26
-HIERRO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	8,60	< 8,60	< 8,60	< 8,60
-MAGNESIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	5,50	5928.88	5964.22	6029.39
-MANGANESO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,20	293.97	305.87	309.25
-MERCURIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,74	< 0,74	< 0,74	< 0,74
-MOLIBDENO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	1,05	< 1,05	< 1,05	< 1,05
-NIQUEL	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	1,40	3.33	3.66	3.39
-PLATA	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,55	< 0,55	< 0,55	< 0,55
-PLOMO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	2,10	45.16	79.36	99.48
-POTASIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	94,94	1133.99	1403.06	1569.00
-SODIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	8,80	257.18	158.35	183.06
-TALIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
-VANADIO	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,90	50.41	63.28	54.27
-ZINC	mg/Kg	Del 2023-06-05 al 2023-06-13	0,60	72.26	89.17	104.41

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

L.C.M Límite de cuantificación del Método

Nota:

Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio . Resultados validos para la muestra referida en el presente informe . Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce . **GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a la muestras como se reciben.**

**INFORME DE ENSAYO
N° 2306-23**

CONTROLES DE CALIDAD

BK: Blanco de Laboratorio
MD % RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
MC % Recuperacion: Porcentaje de recuperacion de la muestra control
MF % Recuperacion: Porcentaje de recuperacion de la muestra adicionada.
MFD % RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
BKC: Blanco de Campo

TIPO DE ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	BK	MD % RPD	MC % Recuperación	MF % Recuperación	MFD % RPD	BKC
-ALUMINIO	mg/Kg	1,20	< 1,20	0.5	97.8	N.A.	N.A.	N.A.
-ANTIMONIO	mg/Kg	2,27	< 2,27	N.A.	90.2	N.A.	N.A.	N.A.
-ARSENICO	mg/Kg	0,30	< 0,30	8.0	94.0	N.A.	N.A.	N.A.
-BARIO	mg/Kg	0,30	< 0,30	11.3	92.0	N.A.	N.A.	N.A.
-BERILIO	mg/Kg	0,10	< 0,10	N.A.	92.0	N.A.	N.A.	N.A.
-CALCIO	mg/Kg	2,2	< 2,2	3.7	96.2	N.A.	N.A.	N.A.
-CADMIO	mg/Kg	0,20	< 0,20	N.A.	96.0	N.A.	N.A.	N.A.
-COBALTO	mg/Kg	0,40	< 0,40	8.1	98.0	N.A.	N.A.	N.A.
-COBRE	mg/Kg	0,60	< 0,60	9.6	98.0	N.A.	N.A.	N.A.
-CROMO	mg/Kg	1,20	< 1,20	7.1	96.8	N.A.	N.A.	N.A.
-HIERRO	mg/Kg	8,60	< 8,60	N.A.	97.0	N.A.	N.A.	N.A.
-MAGNESIO	mg/Kg	5,50	< 5,50	2.0	96.7	N.A.	N.A.	N.A.
-MANGANESO	mg/Kg	0,20	< 0,20	9.0	90.0	N.A.	N.A.	N.A.
-MERCURIO	mg/Kg	0,74	< 0,74	N.A.	90.0	N.A.	N.A.	N.A.
-MOLIBDENO	mg/Kg	1,05	< 1,05	N.A.	96.0	N.A.	N.A.	N.A.
-NIQUEL	mg/Kg	1,40	< 1,40	2.3	96.6	N.A.	N.A.	N.A.
-PLATA	mg/Kg	0,55	< 0,55	N.A.	100.8	N.A.	N.A.	N.A.
-PLOMO	mg/Kg	2,10	< 2,10	17.0	94.0	N.A.	N.A.	N.A.
-POTASIO	mg/Kg	94,94	< 94,94	7.1	93.2	N.A.	N.A.	N.A.
-SODIO	mg/Kg	8,80	< 8,80	1.8	94.1	N.A.	N.A.	N.A.
-TALIO	mg/Kg	0,30	< 0,30	N.A.	96.8	N.A.	N.A.	N.A.
-VANADIO	mg/Kg	0,90	< 0,90	16.9	90.2	N.A.	N.A.	N.A.
-ZINC	mg/Kg	0,60	< 0,60	9.4	104.0	N.A.	N.A.	N.A.

Nota:

Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio . Resultados validos para la muestra referida en el presente informe . Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce . **GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a la muestras como se reciben.**

**INFORME DE ENSAYO
N° 2306-23**

MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TITULO
METALES: Aluminio, Arsenico, Plata, Bario, Berilio, Calcio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Potasio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Sodio, Plomo, Antimonio, Talio, Vanadio, Zinc	EPA METHOD 3050 B, Rev. 2 // EPA METHOD 200.7, REV. 4.4 (1996 // 1994)	Acid digestion of sediments, sludges, and soils // Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

Observaciones :

- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
- El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde la toma de la muestra y dependiendo del parámetro a ser analizado.

Nota:

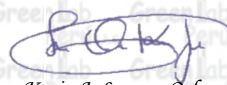
Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio . Resultados validos para la muestra referida en el presente informe . Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce . **GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a la muestras como se reciben.**

INFORME DE ENSAYO
N° 2306-151

RAZON SOCIAL : INGRID KARYME FERNANDEZ QUIROZ
DIRECCIÓN : CALLE LAS CHIRIMOYAS, MZ. K LOTE 8 - SAN JUAN BAUTISTA III, COMAS
SOLICITADO POR : INGRID KARYME FERNANDEZ QUIROZ
ORDEN DE SERVICIO : OS 2306-59
PROYECTO : PELARGONIUM HORTORUM EN LA FITORREMIEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS
PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
MUESTREADO POR : CLIENTE
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3
PRODUCTO : SUELO
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MONITOREO : NO APLICA
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-13
PERIODO DE ENSAYO : Del 2023-06-13 al 2023-06-18
FECHA DE EMISIÓN : 2023-06-22

Gracias por utilizar los servicios de GREENLAB PERÚ S.A.C. Póngase en contacto con el Ejecutivo de Ventas, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenezcan a este informe.

Informe Autorizado por



Karín J. Loayza Ochoa
Jefa de Laboratorio



Juan Ramírez Martínez
C.I.P. 264960
Jefe de Calidad

Nota:

Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio . Resultados validos para la muestra referida en el presente informe . Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce . GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a la muestras como se reciben.

**INFORME DE ENSAYO
N° 2306-151**

RESULTADOS DE ANALISIS

Código del Laboratorio	:	2306-151-1	2306-151-2	2306-151-3
Descripción de la muestra	:	T-1	T-2	T-3
Fecha muestreo	:	2023-06-10	2023-06-10	2023-06-10
Hora muestreo	:	5:00 p. m.	5:00 p. m.	5:05 p. m.
Categoría	:	SUELO	SUELO	SUELO
Sub categoría	:	SUELO	SUELO	SUELO
Fecha de Recepción	:	2023-06-13	2023-06-13	2023-06-13
Hora de Recepción	:	4:20 p. m.	4:20 p. m.	4:20 p. m.
Coordenadas (WGS-84)	:	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA

Parámetros	Unidades	Fecha de Análisis	L.C.M.	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Metales						
-ALUMINIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	1,20	4090.46	4313.48	4613.85
-ANTIMONIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	2,27	< 2,27	< 2,27	< 2,27
-ARSENICO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,30	5.96	7.13	6.64
-BARIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,30	9.34	9.28	9.11
-BERILIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
-CALCIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	2,2	10072.0	10725.0	10476.6
-CADMIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,20	0.99	1.56	1.14
-COBALTO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,40	4.57	4.49	4.36
-COBRE	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,60	81.41	69.34	63.19
-CROMO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	1,20	7.33	7.63	8.04
-HIERRO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	8,60	< 8,60	< 8,60	< 8,60
-MAGNESIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	5,50	3814.12	3208.01	4040.80
-MANGANESO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,20	231.81	161.82	220.11
-MERCURIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,74	< 0,74	< 0,74	< 0,74
-MOLIBDENO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	1,05	< 1,05	< 1,05	< 1,05
-NIQUEL	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	1,40	1.81	1.09	1.99
-PLATA	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,55	< 0,55	< 0,55	< 0,55
-PLOMO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	2,10	47.12	67.97	59.20
-POTASIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	94,94	1016.68	991.83	894.72
-SODIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	8,80	171.37	168.46	254.65
-TALIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
-VANADIO	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,90	18.48	12.57	19.41
-ZINC	mg/Kg	Del 2023-06-13 al 2023-06-18	0,60	73.86	79.30	82.26

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

L.C.M Límite de cuantificación del Método

Nota:

Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio . Resultados validos para la muestra referida en el presente informe . Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce . **GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a la muestras como se reciben.**

**INFORME DE ENSAYO
N° 2306-151**

CONTROLES DE CALIDAD

BK: Blanco de Laboratorio
MD % RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
MC % Recuperacion: Porcentaje de recuperacion de la muestra control
MF % Recuperacion: Porcentaje de recuperacion de la muestra adicionada.
MFD % RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
BKC: Blanco de Campo

TIPO DE ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	BK	MD % RPD	MC % Recuperación	MF % Recuperación	MFD % RPD	BKC
-ALUMINIO	mg/Kg	1,20	< 1,20	0.5	97.8	N.A.	N.A.	N.A.
-ANTIMONIO	mg/Kg	2,27	< 2,27	N.A.	90.2	N.A.	N.A.	N.A.
-ARSENICO	mg/Kg	0,30	< 0,30	8.0	94.0	N.A.	N.A.	N.A.
-BARIO	mg/Kg	0,30	< 0,30	11.3	92.0	N.A.	N.A.	N.A.
-BERILIO	mg/Kg	0,10	< 0,10	N.A.	92.0	N.A.	N.A.	N.A.
-CALCIO	mg/Kg	2,2	< 2,2	3.7	96.2	N.A.	N.A.	N.A.
-CADMIO	mg/Kg	0,20	< 0,20	N.A.	96.0	N.A.	N.A.	N.A.
-COBALTO	mg/Kg	0,40	< 0,40	8.1	98.0	N.A.	N.A.	N.A.
-COBRE	mg/Kg	0,60	< 0,60	9.6	98.0	N.A.	N.A.	N.A.
-CROMO	mg/Kg	1,20	< 1,20	7.1	96.8	N.A.	N.A.	N.A.
-HIERRO	mg/Kg	8,60	< 8,60	N.A.	97.0	N.A.	N.A.	N.A.
-MAGNESIO	mg/Kg	5,50	< 5,50	2.0	96.7	N.A.	N.A.	N.A.
-MANGANESO	mg/Kg	0,20	< 0,20	9.0	90.0	N.A.	N.A.	N.A.
-MERCURIO	mg/Kg	0,74	< 0,74	N.A.	90.0	N.A.	N.A.	N.A.
-MOLIBDENO	mg/Kg	1,05	< 1,05	N.A.	96.0	N.A.	N.A.	N.A.
-NIQUEL	mg/Kg	1,40	< 1,40	2.3	96.6	N.A.	N.A.	N.A.
-PLATA	mg/Kg	0,55	< 0,55	N.A.	100.8	N.A.	N.A.	N.A.
-PLOMO	mg/Kg	2,10	< 2,10	17.0	94.0	N.A.	N.A.	N.A.
-POTASIO	mg/Kg	94,94	< 94,94	7.1	93.2	N.A.	N.A.	N.A.
-SODIO	mg/Kg	8,80	< 8,80	1.8	94.1	N.A.	N.A.	N.A.
-TALIO	mg/Kg	0,30	< 0,30	N.A.	96.8	N.A.	N.A.	N.A.
-VANADIO	mg/Kg	0,90	< 0,90	16.9	90.2	N.A.	N.A.	N.A.
-ZINC	mg/Kg	0,60	< 0,60	9.4	104.0	N.A.	N.A.	N.A.

Nota:

Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio . Resultados validos para la muestra referida en el presente informe . Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce . **GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a la muestras como se reciben.**

**INFORME DE ENSAYO
N° 2306-151**

MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TITULO
METALES: Aluminio, Arsenico, Plata, Bario, Berilio, Calcio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Potasio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Sodio, Plomo, Antimonio, Talio, Vanadio, Zinc	EPA METHOD 3050 B, Rev. 2 // EPA METHOD 200.7, REV. 4.4 (1996 // 1994)	Acid digestion of sediments, sludges, and soils // Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

Observaciones :

- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
- El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde la toma de la muestra y dependiendo del parámetro a ser analizado.

Nota:

Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de GREENLAB PERÚ S.A.C. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado después de su recepción en el laboratorio . Resultados validos para la muestra referida en el presente informe . Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce . **GREENLAB PERU S.A.C. deslinda la responsabilidad de la información proporcionada por el cliente, así también, si las muestras han sido suministradas por el mismo, los resultados se aplican a la muestras como se reciben.**

ANEXO N° 5
REGISTRO FOTOGRÁFICO

A. Visita de campo y recolección de muestra de suelo

La recolección de la muestra se realizó en varios puntos como se puede apreciar en las siguientes imágenes.



A la espalda del mercado del A.H. Virgen de Guadalupe



Frente a la loza deportiva y Parque del A.H. de Virgen de Guadalupe



Frente al parte industrial



Frente a la vivienda Mz A Lt. 1 – A.H. Virgen de Guadalupe

B. Preparación de los tratamientos

En las siguientes fotografías se muestra, la adición y mezcla de la muestra de suelo contaminado con los aditivos compost y humus.



Adición de compost y humus a la muestra de suelo contaminado



Mezcla de la muestra con los aditivos empleados

C. Traspaso del *Pelargonium Hortorum* a los tratamientos

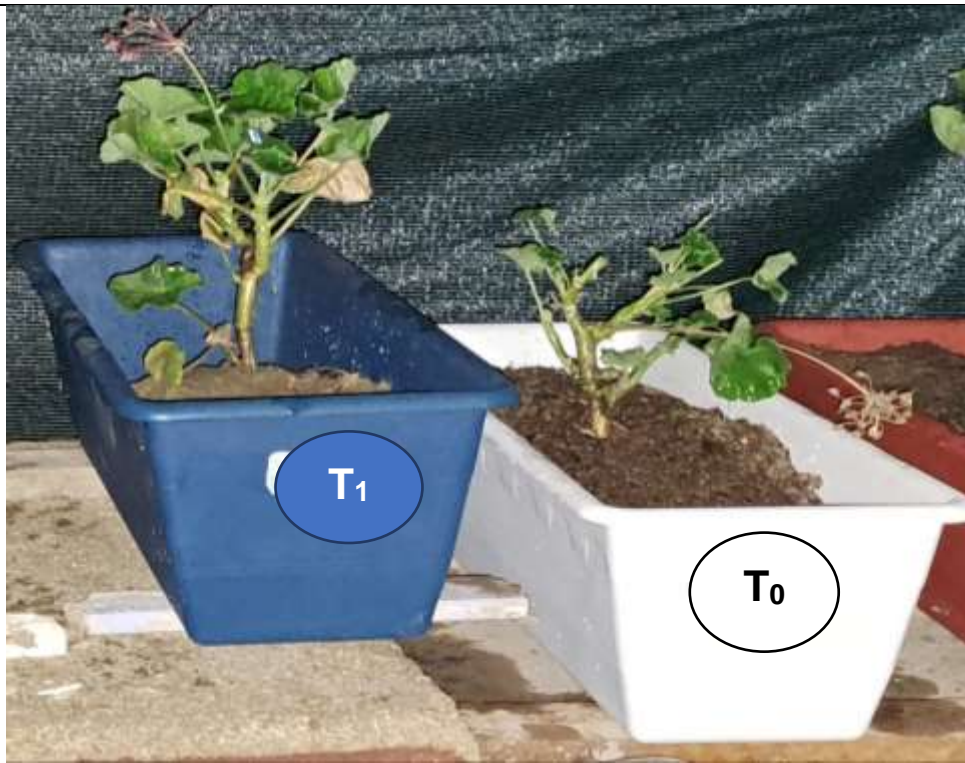
En las siguientes fotografías se puede observar el traspaso de los ejemplares de *Pelargonium Hortorum* a cada uno de los tratamientos.



Traspaso del *Pelargonium hortorum* a los tratamientos

D. Tratamientos

En las siguientes fotografías, se pueden observar cada uno de los tratamientos empleados.



Donde:

T₁: Tratamiento con suelo contaminado

T₀: Tratamiento con tierra de chacra

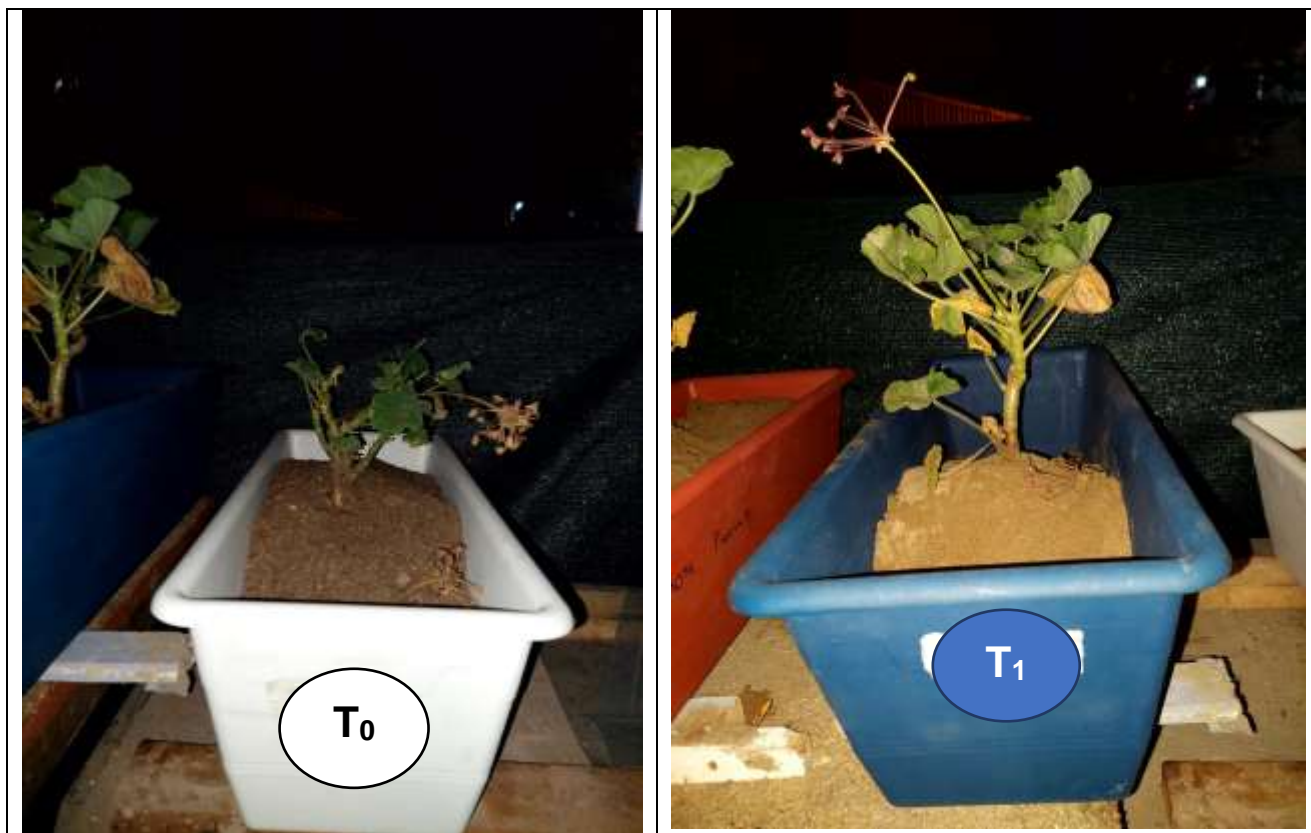


Donde:

T₂: Tratamiento con suelo contaminado y aditivo compost

T₃: Tratamiento con suelo contaminado y aditivo humus

E. Seguimiento

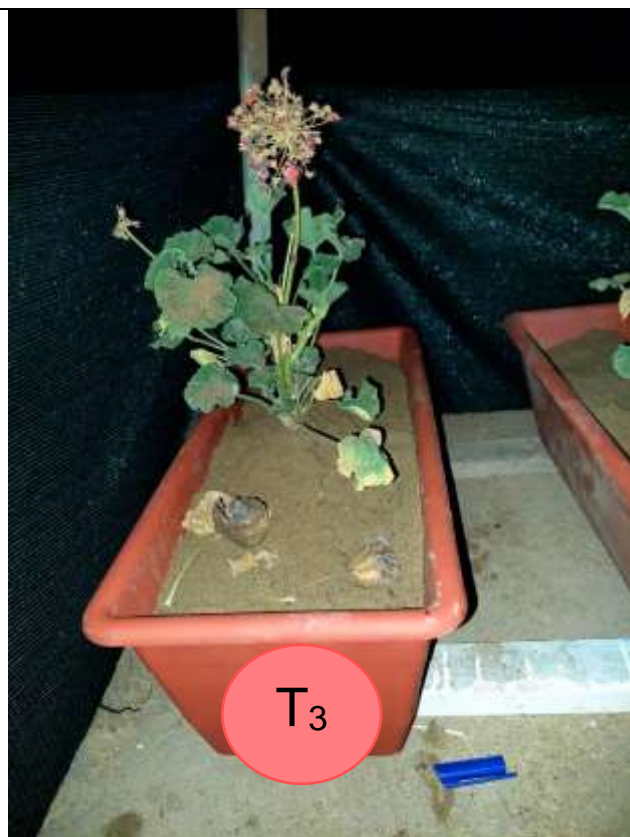


Seguimiento a los tratamientos T₀ y T₁

Donde:

T₁: Tratamiento con suelo contaminado

T₀: Tratamiento con tierra de chacra



Seguimiento a los tratamientos T₂ y T₃

Donde:

T₂: Tratamiento con suelo contaminado y aditivo compost

T₃: Tratamiento con suelo contaminado y aditivo humus





Riego de cada uno de los tratamientos empleados



Control de los tratamientos empleados