

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO
BENEDICTO XVI
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE ESTUDIOS PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL



“CAPACIDAD FITORREMEDIADORA DE *Portulaca oleraceae* EN
SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS DEL SECTOR
CHOROBAL DISTRITO SALAVERRY, TRUJILLO 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL

AUTOR

Br. Janet Edith Gonzales Valdivia

ASESOR

Mg. Ing. Fernando Arístides Saldaña Milla

<https://orcid.org/0000-0002-7274-6974>

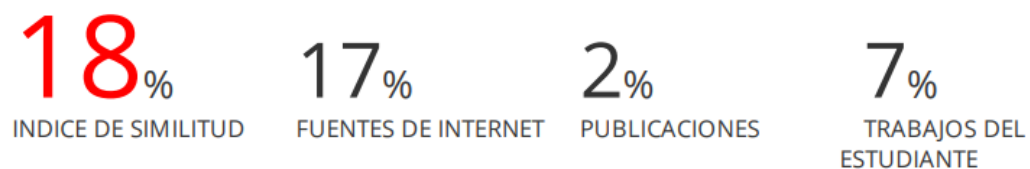
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Conservación y manejo de la biodiversidad

TRUJILLO-PERU
2023

TESIS Janet Gonzales

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

14%

★ **hdl.handle.net**

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

Dr. Luis Miranda Díaz

Rector

Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo

Vicerrectora Académica

Dr. Francisco Espinoza Polo

Vicerrector de Investigación

Mg. Breitner Guillermo Díaz Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Mons. Ricardo Exequiel Angulo Bazauri

Gerente de Desarrollo Institucional

APROBACIÓN DEL ASESOR

Yo Mg. Fernando Arístides Saldaña Milla con DNI N.º 18135414 como asesor del trabajo de investigación “CAPACIDAD FITORREMEDIADORA DE *Portulaca oleraceae* EN SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS DEL SECTOR CHOROBAL DISTRITO SALAVERRY, TRUJILLO 2022” desarrollado por la bachiller Gonzales Valdivia Janet Edith con DNI N.º 18132163, del Programa Profesional de Ingeniería Ambiental, considero que dicho trabajo de investigación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de ingeniería y Arquitectura.



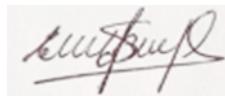
Mg. Ing. Fernando Arístides Saldaña Milla

ASESOR

PAGINA DE JURADO



Mg. Ing. John Bejarano Guevara
PRESIDENTE



Mg. Ing. Estuardo Bravo Asanza
SECRETARIO



Mg. Ing. Fernando Arístides Saldaña Milla
VOCAL

DEDICATORIA

A la Santísima trinidad

A Dios Padre, Hijo y Espíritu santo, quien guía mis pasos día a día, quien me inspira en esta noble misión, de convertirme en una profesional que responda a las necesidades de la sociedad, de manera especial preocupándome por velar por la casa común que nos entregó para custodiar. A ti Dios Trino te dedico esta investigación. Bendice mi vida y mi labor.

A mis padres

Catalina Doris y Hugo Hernán, quienes apuestan todos los días por mi realización profesional. Papito sé que estas en el cielo y desde este manuscrito quiero dedicarte este reglón. Gracias padre por enseñarme a cumplir todas las metas que la vida me pone adelante. Esta meta lograda es para ti.

A mis sobrinas

María Paula Noriega González, Rafaela Noriega González, y Ana Claudia, quienes inspiran mi vida, hijas su tía les agradece por apoyarme con su amor incondicional

Al amor

Janet Edith Gonzales Valdivia

Autora

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a mi estimada casa de estudios Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, en las personas de nuestro Rector, Vicerrectores y Decano. A mis estimados docentes de manera especial a mi amigo Ing. Fernando Saldaña Milla y Luis Alva Reyes, quienes no solo me inspiraron para seguir mi segunda ingeniería sino por todos los momentos de apoyo moral y técnico.

A las hermanas Notre Dame de Salaverry, por su valioso apoyo en desarrollo del presente trabajo, un agradecimiento muy profundo para ellas.

Un agradecimiento especial a Sr Antonio Anticona, por brindarme las instalaciones de su casa para la instalación y desarrollo del presente proyecto de investigación de investigación. Dios lo colme de bendiciones.

A mi asesor de este proyecto de tesis al Ingeniero Fernando Arístides Saldaña Milla, por ser la persona principal en la guía de desarrollo de esta tesis y titulación, permitiéndonos lograr lo tan anhelado, ser Ingeniero ambiental.

Janet Edith Gonzales Valdivia.

La autora

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Janet Edith Gonzales Valdivia con DNI N.º 18132163, bachiller de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y del Programa de Estudios Ingeniería ambiental de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, doy fe que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emitidos por la universidad para la elaboración y sustentación del trabajo de investigación titulado: “CAPACIDAD FITORREMEIADORA DE *Portulaca oleraceae* EN SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS DEL SECTOR CHOROBAL DISTRITO SALAVERRY, TRUJILLO 2022”, el cual consta de un total de 75 páginas, en las que se incluye 10 tablas y 06 figuras, más un total de 21 páginas en anexos.

Dejo constancia de la originalidad y autenticidad de la mi investigación y declaro bajo juramento haber trabajado con ética y responsabilidad, que el contenido de dicho documento corresponde a mi autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad. Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de 18 %, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

La autora



Janet Edith Gonzales Valdivia

DNI 18132163

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	3
APROBACIÓN DEL ASESOR.....	4
PÁGINA DE JURADO.....	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO.....	7
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	8
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I.- INTRODUCCIÓN	13
II.- METODOLOGÍA	24
2.1 Objetivos de la Investigación.....	24
2.2 Instrumentos, técnicas, equipos de laboratorio de recojo de datos.....	25
2.3 Análisis de la Investigación.....	25
2.4 Aspectos éticos en investigación.....	26
III.- RESULTADOS.....	28
3.1 Descripción de los resultados.....	28
3.1.1 Determinar la concentración de metales pesados en los suelos del sector Chorobal distrito Salaverry.....	28
3.1.2 Evaluar el efecto del humus de lombriz en el peso de la biomasa de <i>Portulaca oleraceae</i>	
3.1.3 Determinar la concentración de metales pesados en las raíces y en la parte aérea de <i>Portulaca oleraceae</i>	29
3.1.4 Evaluar la capacidad fitorremediadora de <i>Portulaca oleraceae</i> en suelos contaminados con metales pesados en el sector Chorobal distrito Salaverry.....	34
3.2. Prueba de hipótesis.....	38
IV.- DISCUSIÓN.....	42
V.- CONCLUSIONES.....	47
VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Diagrama esquemático del procedimiento metodológico empleado.....	27
FIGURA 2: Peso promedio de biomasa fresca de <i>Portulaca oleraceae</i> en los 4 tratamientos y su respectivo testigo	30
FIGURA 3: Concentración de Cromo en mg/kg en raíz y parte aérea de <i>Portulaca oleraceae</i>	31
FIGURA 4: Concentración de Cadmio en mg/kg en raíz y parte aérea de <i>Portulaca oleraceae</i>	32
FIGURA 5: Concentración de Plomo en mg/kg en raíz y parte aérea de <i>Portulaca oleraceae</i>	33
FIGURA 6: Concentración de Arsénico en mg/kg en raíz y parte aérea de <i>Portulaca oleraceae</i>	34

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Tratamientos en estudio, composición y número de repeticiones	25
TABLA 2: Concentración de metales pesados en mg/kg en 5 muestras de suelo del sector de Chorobal y comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.....	29
TABLA 3: Resultados de la concentración de metales pesados en mg/kg en el suelo de los tratamientos en estudio	35
TABLA 4: Concentraciones de Cromo, Cadmio, Plomo y Arsénico en raíz, tallo, hojas, tallo+hojas, y suelo al final del ensayo.	36
TABLA 5: Valores calculados del Factor de Bioconcentración (BCF) raíz y aérea y Factor de Translocación (TF) en <i>Portulaca oleraceae</i> en los diferentes tratamientos	37
TABLA 6: Clasificación de <i>Portulaca oleraceae</i> según (Mendieta y Taisigüe, 2014; Lorestani et al., 2011) en la categoría de Acumuladora, Tolerante e Hiperacumuladora de cromo, cadmio, plomo y arsénico en los 5 tratamientos.....	38
TABLA 7: Resultados de Prueba de Normalidad Chapiro Wilk, para los valores de Cr, Cd, Pb y Ar en el suelo antes y después de aplicar la Fitorremediación con <i>Portulaca oleraceae</i>	40
TABLA 8: Resultados de Prueba T Student, para los valores de Cr, Cd, Pb y Ar en el suelo antes y después de aplicar la Fitorremediación con <i>Portulaca oleraceae</i>	40
TABLA 9: Análisis de Varianza para el Peso fresco de <i>Portulaca oleraceae</i> en los 5 Tratamientos en estudio.....	41
TABLA 10: Prueba de significancia Tukey, intervalo de confianza al 95% y nivel de significancia al 0.05%.....	42

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la capacidad fitorremediadora de la especie vegetal *Portulaca oleraceae* durante 90 días, en suelo con presencia de cromo, cadmio, plomo y arsénico de la zona industrial de procesamiento de carbón antracita del sector Chorobal distrito Salaverry. Se acondicionaron las plántulas en bolsas especiales, considerando cuatro tratamientos con Humus de lombriz (T1-5%, T2-10%, T3-35%, T4-50%) y un testigo T5 sin humus de lombriz. Se determinó la concentración de los metales al inicio y final, se calculó el peso seco de las plantas y los Factores de bioconcentración y translocación (BFC y FT) en las raíces y parte aérea. Las concentraciones de los metales al ser comparadas con las Estándares de calidad ambiental ECA mostraron que el plomo y el arsénico no superaron los estándares al inicio ni al final, mientras en cadmio y arsénico si existió una diferencia significativa entre el antes y después de la Fitorremediación, corroborándose la remediación del suelo del Sector Chorobal Salaverry para estos dos metales. Los resultados calculados del factor de bioconcentración en la raíz (BCF raíz) fueron mayores que en la parte aérea (BCF aérea), corroborándose la concentración de los metales en las raíces de *Portulaca oleraceae*, además de presentar valores mayores a 0.1, indicando que la especie vegetal en todos los tratamientos respondió con la capacidad de tolerar, acumular e hiperacumular los metales pesados. El humus de lombriz aumentó el peso de planta destacando el T4 y T2. El T4 acumuló mayor cantidad de cromo y cadmio (46.31 mg/kg y 8.95 mg/kg respectivamente), en el plomo el T2 acumuló mayor cantidad (112.03 mg/kg) y en el arsénico el T5 (testigo) quien acumuló mayor cantidad (74.69 mg/kg.).

Palabras clave: Fitorremediación, *Portulaca oleraceae*., cromo, cadmio, plomo, arsénico

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the phytoremediation capacity of the plant species *Portulaca oleraceae* for 90 days, in soil with the presence of chromium, cadmium, lead and arsenic from the industrial zone of anthracite coal processing in the Chorobal district of Salaverry. The seedlings were conditioned in special bags, considering four treatments with worm humus (T1-5%, T2-10%, T3-35%, T4-50%) and a control T5 without worm humus. The concentration of metals at the beginning and end was determined, the dry weight of the plants and the bioconcentration and translocation factors (BFC and FT) in the roots and aerial part were calculated. The concentrations of metals when compared with the ECA environmental quality standards showed that lead and arsenic did not exceed the standards at the beginning or at the end, while in cadmium and arsenic there was a significant difference between before and after phytoremediation. corroborating the remediation of the soil of the Chorobal-Salaverry Sector for these two metals. The calculated results of the bioconcentration factor in the root (root BCF) were higher than in the aerial part (aerial BCF), corroborating the concentration of metals in the roots of *Portulaca oleraceae*, in addition to presenting values greater than 0.1, indicating that the Plant species in all treatments responded with the ability to tolerate, accumulate and hyperaccumulate heavy metals. Earthworm humus increased plant weight, highlighting T4 and T2. T4 accumulated the highest amount of chromium and cadmium (46.31 mg/kg and 8.95 mg/kg respectively), in lead T2 accumulated the highest amount (112.03 mg/kg) and in arsenic T5 (control) who accumulated the highest amount (74.69 mg/kg.).

Keywords: Phytoremediation, *Portulaca oleraceae*., chromium, cadmium, lead, arsenic

I. INTRODUCCIÓN

La producción carbonera en el Perú está considerada como una de las actividades importantes en la industria de la minería, produciéndose en el año 2022 de enero a marzo 15,157 TM de carbón antracita y distribuido en las regiones de la Libertad con 7,710, Ancash 5,090, Lima 1,307 y Cajamarca 1,051. (Estamin, 2022).

La antracita conocida como carbón de piedra tiene un poder calorífico mayor a 32.6 MJ/kg y alto contenido de carbono (86% al 98%). La utilización de la antracita está centrada en el sector siderúrgico, la industria carboquímica y plantas de carbón eléctricas. En el Perú es un agente consumidor en los procesos de producción de cemento, ladrillo, como también en industrias de hierro y acero. (Zevallos y Diaz, 2020; Diaz et al., 2020).

Las minas principales de carbón en Perú están ubicadas en la Libertad, en las provincias de Sánchez Carrión y Otuzco (Estamin, 2022)., la antracita proveniente de estas minas es transportada para ser procesada en el sector Chorobal y luego dirigida hacia el Terminal Portuario de Salaverry-Trujillo-La Libertad; donde finalmente es exportada la mayor parte y/o comercializado a otros puntos a nivel nacional.

La principal procesadora de carbón en Salaverry se encuentra localizada en la autopista Salaverry km 2,5 Lote 3-B Sector Chorobal, quienes a lo largo de su ruta de procesamiento y transporte generan que el carbón suspendido en partículas muy finas termine por precipitarse en el suelo y en las superficies, llegando a acumularse constantemente, generando malestar en la población y un aspecto no muy atractivo para la zona aledaña.

La constante molestia por la contaminación ambiental generada por las industrias carboneras, es una temática que en el distrito de Salaverry aún no tiene una solución sostenible, además hay pocas investigaciones que demuestren este impacto en el ecosistema.

En general, la contaminación del suelo es la presencia de productos químicos que se han introducido fuera del sitio, o están presentes en concentraciones superiores a las normales, y tienen efectos adversos en cualquier organismo que entre en contacto con ellos.

La contaminación del suelo por la industria de la antracita ha sido reportada en estudios de actividades de extracción de carbón en el Perú. Como es el caso de estudio del distrito de Lucma, Provincia Gran Chimú, Región La Libertad, donde los resultados mostraron que las cinco muestras de suelo analizadas, no excedieron el umbral de los Estándares de calidad ambiental (ECA), ya que todos los valores estuvieron por debajo del este, sin embargo, al compararlas con la normativa holandesa permitió demostrar que sí existe una contaminación potencial del suelo con los elementos Hg, As, Cd, Co, Mo, Sb, y V, contenidos en la antracita. (Guevara, 2019).

Los metales pesados y metaloides tienen características metálicas únicas, dentro de este grupo se incluye los metales de transición, algunos semimetales, lantánidos y actínidos, la característica principal de un metal está dada por su densidad específica, donde todos los elementos que pertenecen a los metales y metaloides tienen una densidad mayor a 5 g/cm³ y una alta capacidad de toxicidad en niveles trazas. (Poma, 2022)

Es necesario, aclarar que los estudios realizados a nivel local sobre como remediar la contaminación ambiental del suelo producida por la actividad de las carboneras son escasos, por lo que el objetivo de esta investigación fue determinar la capacidad fitorremediadora de la especie vegetal *Portulaca* sp. en suelos contaminados con metales pesados del sector Chorobal distrito de Salaverry provincia de Trujillo, como una alternativa viable para atenuar los impactos ocasionados en el suelo.

Como parte de la investigación para remediar los suelos contaminados por agentes de compuestos orgánicos e inorgánicos, incluidos los plaguicidas organoclorados y otros, se están investigando muchas alternativas rentables, no invasivas que sean sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Mendarte-Alquisira et al., (2021).

Una de las estratégicas que en la actualidad está siendo considerada es la biorremediación, en la cual se utilizan plantas, hongos y bacterias e incluso enmiendas orgánicas para remediar los contaminantes. En la investigación de Mishra, Pandey, Singh, Singh y Singh (2017), se demostró que al realizar combinaciones o asociaciones de agentes biológicos con enmiendas orgánicas evidenciaron una mejor extracción de los contaminantes.

La fitorremediación se define como el uso de plantas y microorganismos asociados al sistema radicular que tienen la capacidad de filtrar, eliminar, descomponer, evaporar y estabilizar contaminantes. Además, esta tecnología previene la erosión y cambios en las propiedades físicas, químicas, biológicas y nutricionales mejorando la productividad del suelo. (Mendarte-Alquisira et al., 2021).

Poma, (2022), menciona a la fitorremediación como una tecnología innovadora que hace uso de plantas vivas y microorganismos asociados a ella, para la remediación in situ o ex situ de suelos, lodos, sedimentos y aguas contaminadas, a través de la remoción, degradación o estabilización de los contaminantes.

La Fitorremediación puede actuar bajo diferentes mecanismos y estos están directamente relacionados a la naturaleza de cada especie vegetal. Los diferentes mecanismos se describen a continuación:

Según Medina y Montano, (2014), la fitoextracción de metales pesados, implica la capacidad natural que poseen las plantas para absorber y concentrar ciertos metales pesados (principalmente As, Cd, Co, Ni, Se o Zn) en sus partes aéreas sin desarrollar síntomas de intoxicación.

La Fitoestabilización se define como la capacidad de las plantas para tolerar altas concentraciones de metales, sin absorber ni transportar contaminantes, limitando su absorción por las raíces y/o impidiendo su migración a las partes aéreas (concentración raíz: suelo < 1 y/o hoja: raíz < 1).

En Fitvolatilización, la planta y la actividad microbiana asociada actúan a través de enzimas especializadas que pueden transformar, degradar y finalmente evaporar los contaminantes del suelo.

La Fitoestimulación o Rizodegradación, es el proceso mediante el cual las raíces de las plantas y la microflora asociada y/o productos segregados destruyen el contaminante en la zona radicular.

La fitodegradación es el proceso mediante el cual las plantas capturan y transforman los contaminantes en compuestos seguros para el medio ambiente natural.

Y, por último, la Rizofiltración como mecanismo que presentan las plantas acuáticas, algas, bacterias y hongos, las cuales funcionan como excelentes absorbentes biológicos de contaminantes presentes en agua contaminada a través de sus raíces.

Las plantas poseen estrategias básicas para crecer sobre suelos contaminados, clasificándolas como: (Excluseras, Indicadoras, Acumuladoras e Hiperacumuladoras).

Excluseras: son plantas que mantienen baja concentración de metales en la parte aérea (metal aéreo < metal raíz), estas especies previenen la entrada de EPT (elemento potencialmente tóxico) a otras partes de la planta, agrupándose en las raíces alterando la permeabilidad de la membrana y la retención de la pared celular. (Avila, 2017).

Indicadoras: internamente la concentración del metal refleja la concentración externa, por medio de la regulación de la absorción y el transporte a la parte aérea. Las especies acumulan en cantidad proporcional a la cantidad del contaminante presente en el suelo. La tolerancia ocurre cuando se almacena compuestos quelatados o secuestrados en sitios de la planta donde no se afectan el funcionamiento. (Avila, 2017).

Acumuladoras: acumulan contaminantes en la raíz y en las partes, gracias al transporte eficaz desde la zona radicular hacia los demás órganos (metal en la parte aérea > metal en la raíz). (Avila, 2017).

Hiperacumuladoras: acumulan en concentraciones muy altas, el término "Hiperacumuladoras" se utilizó originalmente para referirse a plantas cultivadas en el capaces de acumular más de 1000 mg/kg Ni, estas logran concentraciones de metal en hojas de 10 a 100 veces más altas que las concentraciones normales. (Avila, 2017).

Los cálculos de bioconcentración (BCF o BAF), se utilizan para mostrar la relación entre los residuos químicos en las plantas y su concentración en el medio ambiente en el que viven (suelo, agua, etc.). El BCF se obtiene dividiendo la concentración de cada elemento en la raíz y el suelo. El factor de translocación (FT) hacia los diferentes órganos vegetativos se obtiene dividiendo la concentración del órgano de

interés (tallo, hoja, flor, semilla o fruto) y la de la raíz. Estos factores calculados determinan qué especies de plantas se consideran acumuladoras, tolerantes o excluidoras. Las plantas con $BCF > 1$ y $FT > 1$ se consideran plantas acumuladoras o hiperacumuladoras (si la concentración supera el 0,1%), las plantas con valores correspondientes entre 0,1 y 1 se consideran tolerantes, y aquellas con valores $< 0,1$ excluidoras. (Mendieta y Taisigüe, 2014).

LoRESTANI et al., (2011), describen a los factores de bioacumulación y traslocación en la fitorremediación como la movilidad de los metales pesados de los sustratos contaminados (suelo, sedimento y agua) a las raíces y la capacidad de translocarse desde la raíz a la parte aérea, siendo calculados respectivamente por medio las fórmulas de la bioconcentración (BCF) y el factor de translocación (TF).

BCF se define como la relación entre la concentración de metales en las raíces y la del suelo ($[Metal]_{Raíz} / [Metal]_{Suelo}$) y **TF** es la proporción de la concentración del metal en la parte aérea a las raíces ($[Metal]_{Shoot} / [Metal]_{Raíz}$).

$$BCF_{raíz} = \frac{\text{Concentración de EPT en parte radicular}}{\text{Concentración de EPT en el suelo}} \quad (1)$$

Si el $BCF_{raíz} < 1$ la planta es excluyente y entre 0.1 y 1 Tolerante ((Mendieta y Taisigüe, 2014).

Si el $BCF_{raíz} > 1$ la planta es acumuladora.

Si el $BCF_{raíz} > 10$ la planta es hiperacumuladora.

$$BCF_{aérea} = \frac{\text{Concentración de EPT en parte aérea}}{\text{Concentración de EPT en el suelo}} \quad (2)$$

Si el $BCF_{aérea} < 1$ la planta es Tolerante.

Si el $1 < BCF_{aérea} < 10$ la planta es acumuladora.

Si el $BCF_{aérea} > 10$ la planta es hiperacumuladora.

Munive, (2018) en su tesis menciona al factor de traslocación (FT) como la relación de la concentración de EPT en la parte aérea respecto a la concentración en la raíz.

$$FT = \frac{\text{Concentración de EPT en parte aérea}}{\text{Concentración de EPT en la raíz}} \quad (3)$$

Si el valor de $FT < 1$ significa que la mayor parte del contaminante se acumula en la raíz y no se transloca hacia la parte aérea. En este caso la planta es (exclusora).

Si el $FT > 1$ el Si el $FT > 1$ el contaminante se almacena en la parte aérea y no en la raíz de la planta, por lo que la planta es acumuladora.

Cuando las plantas actúan por fitoestabilización acumulan muy bajas concentraciones de los contaminantes en su parte aérea. Con ello se busca que la mayor concentración de contaminantes esté inmovilizada en la rizosfera o en la raíz misma. El uso de la fitoextracción, lo que se busca es que las plantas acumulen altas concentración de metales en la parte aérea, estas son plantas acumuladoras. Lorestani et al., (2011),

Cuando las plantas funcionan como fitoestabilizadoras, acumulan muy bajas concentraciones de contaminantes en sus partes aéreas quedando inmovilizados en la rizosfera o en las raíces mismas, mientras que en la fitoextracción las plantas acumulan altas concentraciones de metales en las partes aéreas denominándose “acumuladoras”.

Portulaca oleracea (nombre común Verdolaga), una planta herbácea perteneciente a la familia Portulacaceae, es originaria de Asia y sur de Europa, considerada una especie cosmopolita, crece hasta 80 cm de altura, flores pequeñas amarillas, rojas rosadas y otros colores, de ciclo de vida corto, que finalmente son reemplazadas por cápsulas que maduran y liberan sus semillas negras bastante grandes para el tamaño de las plantas.

Esta especie vegetal posee propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, usada comúnmente para el tratamiento de enfermedades crónicas humanas, como la diabetes e hipertensión. También es usada de manera comestible como verdura para y se le ha

atribuido propiedades nutraceuticas con altos contenidos de omega-3. Evaris, et al., (2015)

Correa, (2017), menciona que el ciclo fenológico de *Portulaca oleracea* subsp. sativa involucra siete etapas principales, subdivididas en etapas secundarias y terciarias: germinación; desarrollo de hojas en la rama principal; desarrollo de ramas laterales; desarrollo de botones florales; floración; madurez de la semilla y senescencia de la planta. La verdolaga presenta una menor duración de los estados fenológicos en épocas de mayor fotoperíodo y temperaturas medias en torno a los 29°C., la duración del ciclo de vida es de aproximadamente 90 a 100 días.

Alyazouri et al., (2013), estudiaron a *Portulaca oleracea* como potencial especie fitorremedidora, la cual fue expuesta a nueve diferentes concentraciones de Cr (VI) en suelo con contenido de cr de 0 a 400 mg/kg. La absorción de Cr(VI) aumentó a medida que su concentración en el suelo aumentó entre 50 y 400 mg/kg, con la eliminación más eficiente en el rango de 150 a 200 mg/kg., las concentraciones excedieron los 4600 mg/kg en raíces y 1400 mg/kg en tallos, confirmando el papel de *P. oleracea* como acumulador efectivo de Cr(VI)., más del 95% del Cr(VI) acumulado se redujo al Cr(III) menos tóxico dentro de la planta.

Alyazouri et al., (2021), evaluaron a *Portulaca oleracea* atribuyéndole un gran potencial hiperacumulador de Cr (VI) en suelos contaminados. Se investigó el efecto del contenido orgánico del suelo, el pH y la concentración de sulfatos en la remediación de Cr (VI). Las plántulas se cultivaron en suelos con tres distintos contenidos orgánicos, seis niveles de pH y seis concentraciones de sulfatos; todos los tratamientos fueron regados con solución de Cr(VI) a la concentración de 200 ppm. Los resultados indicaron que la absorción de Cr (VI) por *Portulaca oleracea* se vio favorecida en suelo con un contenido orgánico (0.42%), rango de pH ligeramente alcalino (~8) y con concentración de sulfato en el rango de 300-600 ppm.

Dwivedi et al., (2012), investigaron dos especies de *Portulaca*, (*P. tuberosa* y *P. oleracea*), las cuales se recolectaron de dos campos en Vadodara, Gujarat, India; uno de ellos regado con efluentes industriales y el otro con agua de pozo tubular. Ambas especies fueron analizadas en la acumulación de metales pesados en diferentes partes de la planta, (raíces, tallo, hojas y flores). Las plantas recolectadas de áreas regadas con efluentes

mostraron alta acumulación de todos los metales pesados en todas partes de la planta mostrando la máxima concentración en las raíces y la mínima en las flores, ambas especies de *Portulaca* demostraron hiperacumulación de múltiples elementos: Cu, Ni, Hg y Pb. Las concentraciones totales en brotes (lg g⁻¹ dw) de Cu, Ni, Hg y Pb en *P. tuberosa* fueron 1538, 1191, 789, y 2744, respectivamente, mientras que en *P. oleracea* 1940, 1542, 534 y 2312, respectivamente. Ambas especies mostraron hiperacumulación selectiva de Se (2,327 lg g⁻¹ dw) y Al (1,164 lg g⁻¹ dw).

Prabha et al., (2015), investigaron la absorción y acumulación de selenio (Se) por esquejes de tallo de *Portulaca oleracea* L. cultivados en suelos alfisoles enmendado con varias concentraciones de Se. *P. oleracea* acumuló un máximo de 63,4 mg g⁻¹ de peso seco en un corto período de crecimiento de 42 días. El orden de acumulación de Se entre las partes de la planta fue hojas (31,5 mg g⁻¹) > tallos (16,4 mg g⁻¹) > raíces (15,5 mg g⁻¹).

Zanganeh et al., (2022), evaluaron comparativamente dos estrategias: bioaumento mediante el uso de cianobacteria (*Oscillatoria* sp.) y fitorremediación asistida por bioaumentación usando *Oscillatoria* sp. y verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), en suelos contaminados con metales pesados: Cr (III), Cr (VI), Fe, Al y Zn. Se utilizó varias dosis de biocarbón (0,5, 2 y 5 %) como enmienda para facilitar el proceso de remediación. Los resultados mostraron que la aplicación de biocarbón y cianobacterias en el suelo aumentó significativamente los contenidos de clorofila, nitrógeno y carbono orgánico, además las fracciones extraíbles de Cr (III), Cr (VI), Zn, Al y Fe disminuyeron en comparación el tratamiento de control. El mayor contenido de reducción (hasta 87 %) en la porción extraíble se obtuvo para Cr (VI). Con la inoculación de cianobacterias y la adición de biocarbón, la longitud de los brotes y raíces de la verdolaga creció de 4,6 y 3 veces, mientras que la acumulación de metales pesados disminuyó significativamente. Además, estos tratamientos mejoraron las cantidades del índice de tolerancia (TI) de la verdolaga mientras que disminuyeron los valores de su coeficiente de bioacumulación (BAC) y factor de bioconcentración (BCF). Para todos los metales pesados (excepto Zn), el factor de translocación (TF) y los valores de BAC fueron mayores a 1,0 en todos los tratamientos, lo que indica una fitoextracción exitosa de la verdolaga.

Thalassinós et al., (2021), en su investigación evaluaron a *Portulaca oleracea* L. durante 50 días cultivadas en macetas, el objetivo fue verificar si la especie puede ser

candidata para la fitorremediación de suelos contaminados con Cr (VI). Se midió la tasa de reducción de Cr (VI) en el suelo, se determinó las concentraciones de Cr (VI) y Cr (III) en los tejidos aéreos y radiculares, y se calculó el coeficiente de transferencia (TC = metal en la planta sobre metal en el suelo) y el factor de translocación (TF = metal en biomasa aérea sobre metal en raíces) En los resultados se evidencio que el Cr (VI) en los tejidos de *P. oleracea* se encontraba principalmente acumulados en las raíces y en concentraciones relativamente bajas en los tejidos aéreos. Concluyeron que *P. oleracea* es una especie de planta tolerante, especialmente si se la ayuda con un nivel suficiente de fertilización nitrogenada, no se logró alcanzar a los umbrales de ser categorizada como una especie acumuladora.

Whiting et al., (2001), experimentaron adicionando bacterias a superficies de semillas esterilizadas de *Thalasspi caerulescens* sembradas en suelo estéril. Los resultados mostraron el aumento de la concentración de Zn en brotes 2 veces más en comparación con los controles axénicos; se mejoró la acumulación total de Zn 4 veces.

El presente estudio sobre *S. bengalense* Retz. fue el primer informe destacando su potencial de fitoestabilización que crece naturalmente en el depósito de lodo rojo y tiene potencial de adaptación frente a su alta alcalinidad. Los resultados indican que la hierba fue capaz de transferir los elementos absorbidos en el brote para dar factores de translocación más altos, especialmente con Fe, Zn y Cd. Capacidad de acumulación de elementos en tejidos superficiales es un indicador positivo de su potencial para servir como biorremediadora. Además de los tres metales anteriores, el resto de los metales se estabilizaron en la parte de la raíz de la planta, por lo tanto, esta planta podría ser utilizada para la fitoestabilización. Mishra et al., (2017),

Arancibia y Mundaca, (2015) en su trabajo de tesis probaron las especies *Muehlenbeckia hastulata* y *Schinus molle* en relaves mineros, los resultados mostraron que los metales pesados se concentraron en los tejidos vegetales, acumulándose principalmente en el sistema radicular, evidenciando el compromiso de ciertos mecanismos fisiológicos de las plantas, que les permitieron regular la absorción y traslocación de los metales. Concluyeron que las especies de este estudio resultaron ser pertinentes para llevar a cabo la fitoestabilización del Tranque de relaves Cauquenes.

Además, Arancibia y Mundaca, (2015), demostraron que, adicionando humus de lombriz en sus tres tratamientos en comparación con un testigo de suelo de relave, tuvo efecto en la altura y en el diámetro de las especies estudiadas. Los mejores resultados se mostraron en el tratamiento T3 (91% suelo de relave: 9% humus de lombriz), concluyendo que las enmiendas ayudan a incrementar la fertilidad, calidad y las propiedades microbiológicas y químicas del suelo, repercutiendo favorablemente en el crecimiento de las plantas.

Canaza y Mamani, (2022), evaluaron la capacidad fitorremediadora de la *Urtica urens* y *Brassica nigra* usando dos tipos de enmiendas orgánicas (estiércol de ovino y humus de lombriz) con el fin de fitorremediar el mercurio presente en suelos contaminados, sus resultados mostraron ser eficiencia en la reducción de mercurio, la mejor remoción fue con la especie de *Urtica urens*, en el tratamiento OH3 (60% suelo contaminado y 40% de humus) con una concentración final de 42,63 ppm de mercurio.

Febres, (2019), es su tesis demostró que el tratamiento T2 (Humus de lombriz 0.25 kg+ Suelo contaminado: 5 kg. Suelo + 105 ppm Pb) obtuvo mejor remoción de plomo del suelo mostrando una eficiencia del 81,21 %, logrando disminuir el nivel inicial de plomo de 121,05 mg/kg hasta 22,75 mg/kg, representado una remoción de 98,30 ppm; a la vez el tratamiento mejoro el contenido de la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, pH y los niveles de N, P y K en el suelo.

Bustamante, (2018), en su trabajo de tesis evaluó la aplicación de estiércol de lombriz a concentraciones de: 5%, 10%, 15% y 20%, más un testigo en plantas de maíz en un tiempo de 62 días, luego analizó la presencia de cromo y arsénico en la parte aérea; los resultados mostraron que el efecto del estiércol de lombriz redujo la disponibilidad de cromo en la parte aérea de la plantas y aumento la disponibilidad del arsénico en la parte aérea, el arsénico total (mg/kg) varió en el rango de 0,53 a 3,66, tras el empleo de 5 %,10%,15% y 20 % de volumen de estiércol de lombriz.

Poma, (2022), es su trabajo de tesis demostró que la adición de enmiendas orgánicas en *Zea mays* L, incrementan la concentración de cadmio total en un rango de 6.94 mg/kg a 13.79 mg/kg, siendo los tratamientos con vermicompost a una dosis de 5%, 10% y 20% los que evidenciaron los mejores resultados. El cadmio en el suelo se incrementó de 7.38 mg/kg a 8.77 mg/kg en relación al testigo, siendo el compost a una

dosis de 10% y 20% y el vermicompost al 20% los que tuvieron las menores concentraciones de cadmio en el suelo.

Cadillo, (2022), es su trabajo de tesis investigó la adición de enmiendas (cal, humus y bioestimulante). El tratamiento más eficiente para el proceso de fitorremediación fue el tratamiento T3, (humus al 35% ya que logró concentrar mejor el Cadmio en las hojas, mayor crecimiento foliar, mayor longitud de raíz y el desarrollo de hijuelos, que evidencia la excelente adaptación del Agave.

II. METODOLOGÍA

2.1. Objetivos de la Investigación

Objetivo general

- ✓ Evaluar la capacidad fitorremediadora de *Portulaca oleraceae* en suelos contaminados con metales pesados en el sector Chorobal distrito Salaverry.

Objetivos específicos

- ✓ Determinar la concentración de metales pesados en los suelos del sector Chorobal distrito Salaverry.
- ✓ Evaluar el efecto del humus de lombriz en el peso de la biomasa de *Portulaca oleraceae*.
- ✓ Determinar la concentración de metales pesados en las raíces y en la parte aérea de *Portulaca oleraceae*.

Población y Muestra

La población fue el suelo contaminación por metales pesados derivados de la industria del carbón, provenientes del sector Chorobal distrito Salaverry, provincia de Trujillo.

La muestra estuvo conformada por 100 kg de suelo contaminado, distribuido en bolsas de plantones de 2kg de capacidad, conteniendo las plántulas sembradas de *Portulaca oleraceae*, más las enmiendas orgánicas en cinco tratamientos.

Tabla 1

Tratamientos en estudio, composición y número de repeticiones

Tratamientos	Suelo contaminado - Humus de lombriz	Repeticiones
T1	95% - 5%	10
T2	90% - 10%	10
T3	75% - 35%	10
T4	50% - 50%	10
T5 (Testigo)	100% - 0%	10

En la Tabla N° 1, se muestra los cinco tratamientos en estudio, en los cuales se consideró como enmienda orgánica al Humus de lombriz producido en el distrito de Moche.

VARIABLES CATEGORÍAS E INDICADORES

Las variables se categorizaron en independiente: concentración de metales pesados en suelos contaminados del sector Chorobal y los indicadores de medición fueron la concentración de metales pesados expresados en mg/kg de suelo. La variable dependiente la capacidad Fitorremedidora de *Portulaca oleraceae* y los indicadores de medición fueron:

Factor de Bioconcentración en raíz (BCF Raíz) = $\frac{[\text{metal}]_{\text{raíz}}}{[\text{metal}]_{\text{suelo}}}$

Factor de Bioconcentración en parte aérea (BCF Aérea) = $\frac{[\text{metal}]_{\text{aérea}}}{[\text{metal}]_{\text{suelo}}}$

Factor de Translocación (TF) = $\frac{[\text{metal}]_{\text{aérea}}}{[\text{metal}]_{\text{raíz}}}$

2.2. Instrumentos, técnicas, equipos de laboratorio de recojo de datos

Instrumentos de recojo

El recojo de datos fue a través de los reportes de análisis de los laboratorios de la Universidad Nacional de Trujillo: LASACI/IQUNT y F.Q.A. PERU S.A.C

Técnicas de recojo de datos

Se utilizó la observación como técnica, se incluyó: peso fresco de plantas de *Portulaca oleraceae* (gr.), metales pesados (cromo, cadmio, plomo y arsénico) en suelo y tejido vegetal expresados en mg/kg.

Equipos de laboratorio de recojo de datos

Se utilizó en laboratorio la técnica de Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy

2.3. Análisis de la información

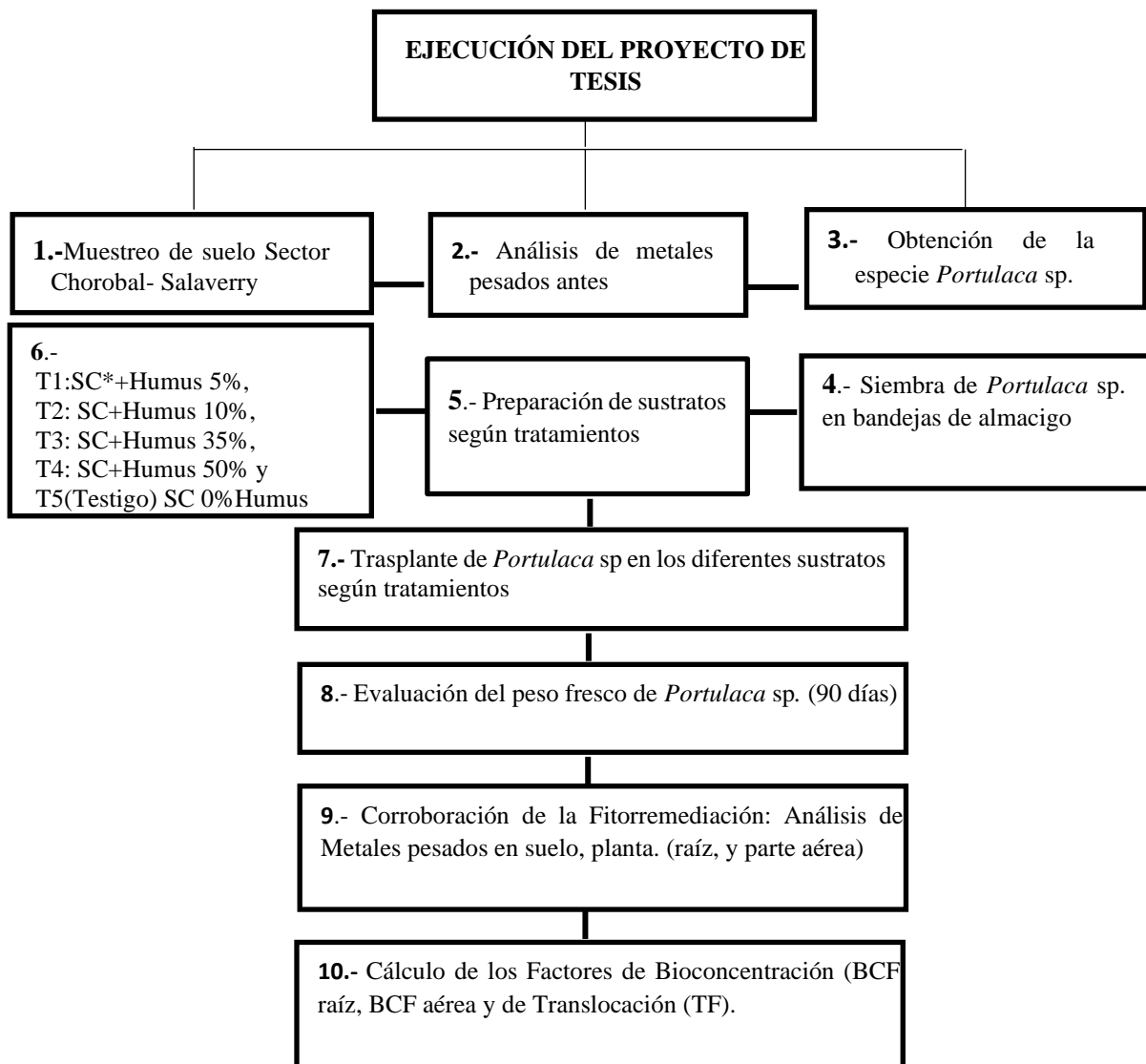
La información se analizó haciendo uso de gráficos elaborados en Excel y análisis estadísticos en el programa IBM SPSS STATISTIC 21.

2.4. Aspectos éticos en investigación

La autora declara la veracidad de los resultados, no habiendo alterado ninguno de ellos. Además, se somete a todas las normas éticas investigativas a nivel de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, así como del mundo científico

Figura 1

Diagrama esquemático del procedimiento metodológico empleado



*Nota: *SC indica suelo contaminado del sector Chorobal Salaverry*

En lo Figura N°1, se muestra el diagrama del procedimiento desarrollado para la ejecución de la tesis, procesos que describimos a continuación:

1. Muestreo y recolección de suelo del sector Chorobal: se realizó el muestreo haciendo uso de la guía para Muestreo de suelos según MINAM 2014, se consideró 0.5 hectáreas, con 5 muestras, a 10 cm de profundidad y haciendo uso de un patrón de muestreo lineal.
2. Análisis de metales pesados antes: las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de química de la Universidad Nacional de Trujillo (LASACI/IQUNT).
3. Las semillas de *Portulaca* sp, fueron recolectadas de la campiña de Moche, teniendo en consideración el estado de la planta.
4. Las semillas botánicas se sembraron en bandejas de almacigo y se mantuvieron desde la germinación hasta el desarrollo de las hojas verdaderas.
5. Se recolectó suelo del mismo lugar donde se tomaron las muestras para el análisis inicial, luego se procedió a realizar las mezclas respetando los tratamientos en estudio. Se utilizaron bolsa de plántones de color negro de capacidad de 2 kg.
6. Se ubicaron las bolsas al azar por cada tratamiento con sus respectivas 10 repeticiones.
7. Cuando las planta tuvieron 10 cm y sus hojas verdaderas bien desarrolladas se trasplantaron en las bolsas negras según los diferentes sustratos de los cinco tratamientos.
8. A los 90 días después del trasplante y al término del ciclo vegetalito se decidió dar fin al cultivo, evaluando el peso fresco de las cada una de las plantas de *Portulaca oleraceae* de cada tratamiento.
9. Para la corroboración de la Fitorremediación, las plantas fueron llevadas al Laboratorio de análisis de Metales pesados, se obtuvieron resultados de mg/kg de cada metal en suelo y en la planta (raíz, y parte aérea) por cada Tratamiento.
10. Se procedió a realizar los cálculos de los Factores de Bioconcentración (BCF raíz, BCF aérea y de Translocación (TF), usando las fórmulas correspondientes.

III. RESULTADOS

3.1. Descripción de resultados

3.1.1. Determinar la concentración de metales pesados en los suelos del sector Chorobal distrito de Salaverry

Tabla 2

Concentración de metales pesados en mg/kg en 5 muestras de suelo del sector de Chorobal y comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM

Mg/kg	S1	S2	S3	S4	S5	ECA
Plomo	36.84	29.56	33.45	43.15	41.18	70
Cromo	16.20	12.87	15.20	19.60	17.05	0.4
Arsénico	22.40	19.45	23.15	26.18	19.50	50
Cadmio	6.330	8.140	8.210	11.25	7.660	1.4

Nota: Datos obtenidos de 5 análisis de suelo del Laboratorio LASACI/IQUNT

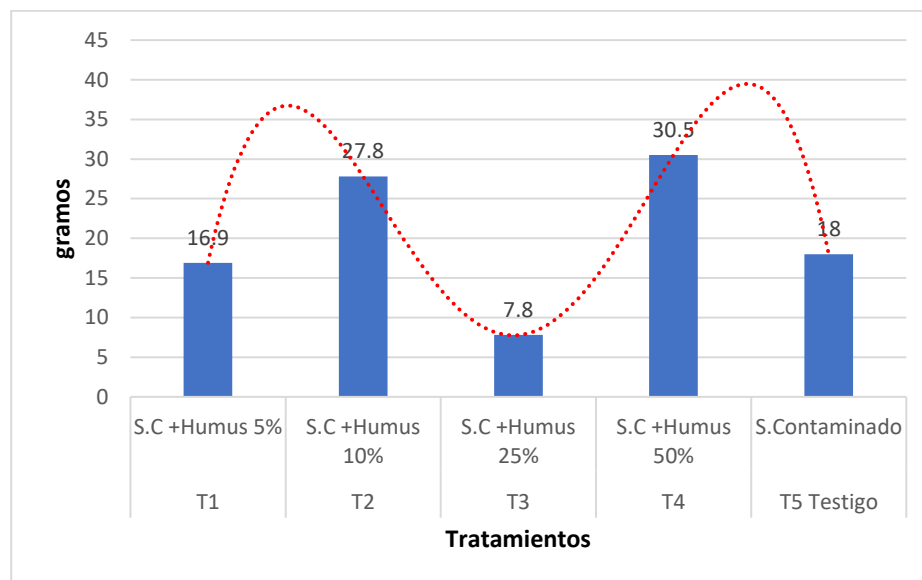
En la Tabla N° 2, se muestran los resultados de la concentración inicial de los metales pesados en estudio (plomo, cromo, arsénico y cadmio) en las cinco muestras de suelo (S1, S2, S3, S4 y S5), tomadas del área de estudio, estos resultados demuestran la presencia de metales pesados en suelo del sector de Chorobal.

Con el fin de calificar la contaminación de los suelos se realizó la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo: Decreto Supremo N° 011-2017-MINAMEI, los resultados muestran que el plomo en las 5 muestras no superó los 70mg/kg, por lo tanto, no se puede calificar como contaminante, el cromo en todas las muestras superó los 0.4 mg/kg calificándolo como contaminante, el arsénico en las 5 muestras no superó los 50 mg/kg, calificándose como no contaminante, y por último el cadmio en las 5 muestras supero el 1.4mg/kg calificando como contaminante del suelo. Si bien el plomo y el arsénico no superaron los ECA's, se les considera como potenciales contaminantes.

3.1.2. Evaluar el efecto del humus de lombriz en el peso de la biomasa de *Portulaca oleraceae*

Figura 2:

Peso promedio de biomasa fresca de Portulaca oleraceae en los 4 tratamientos y su respectivo testigo.



En la Figura N° 2, se muestra los resultados del peso fresco promedio de la biomasa (raíces, tallo, hojas y flores) de las plantas de *Portulaca oleraceae* en los cinco tratamientos.

Los mejores pesos se obtuvieron en el T4 con 30.5 g. seguidos del T2 con 27.8 g., el Testigo T5 con 18 g., T1 con 16,9 g. y por último el T3 con 7.8 g.

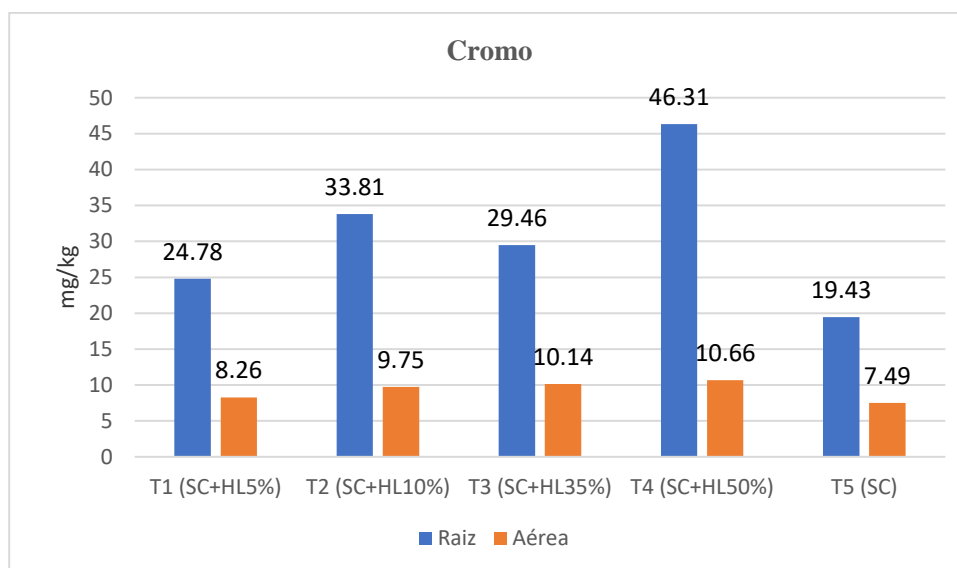
3.1.3. Determinar la concentración de metales pesados en las raíces y en la parte aérea de *Portulaca oleraceae*.

En la Figura N° 3 se muestra los resultados de los análisis de cromo tanto en las raíces como en la parte aérea, se puede observar que las mayores concentraciones de cromo se encontraron acumuladas en las raíces, siendo el T4 el que acumulo mayor cantidad de cromo (46.31 mg/kg), seguido del T2 (33.81 mg/kg), T1 (24.78mg/kg), T3 (29.46 mg/kg) y por último el T5

(19.43mg/kg). El orden de concentración de cromo en las raíces fue: T4>T2>T1>T3>T5.

Figura 3:

Concentración de Cromo en mg/kg en raíz y parte aérea de Portulaca oleraceae

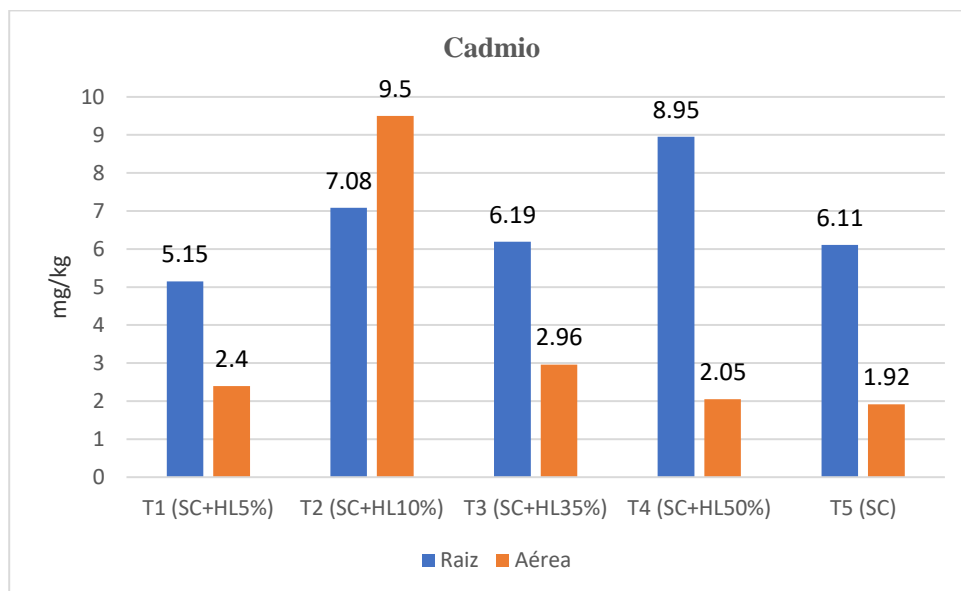


Las menores concentraciones de cromo se obtuvieron en la parte aérea (hojas y tallo), el tratamiento que acumulo mayor concentración de cromo fue el T4 (10.66 mg/kg), seguido del T3 (10.14 mg/kg), T2 (9.75mg/kg), T1 (8.26mg/kg) y por último el T5 (7.49mg/kg). El orden de concentración de cromo en la parte aérea fue: T4>T3>T2>T1>T5.

En ambas partes (raíces y aérea) *Portulaca oleraceae* concentro mayor cantidad de cromo en el T4 y la menor cantidad en el T5 (testigo).

Figura 4:

Concentración de Cadmio en mg/kg en raíz y parte aérea de Portulaca oleracea.

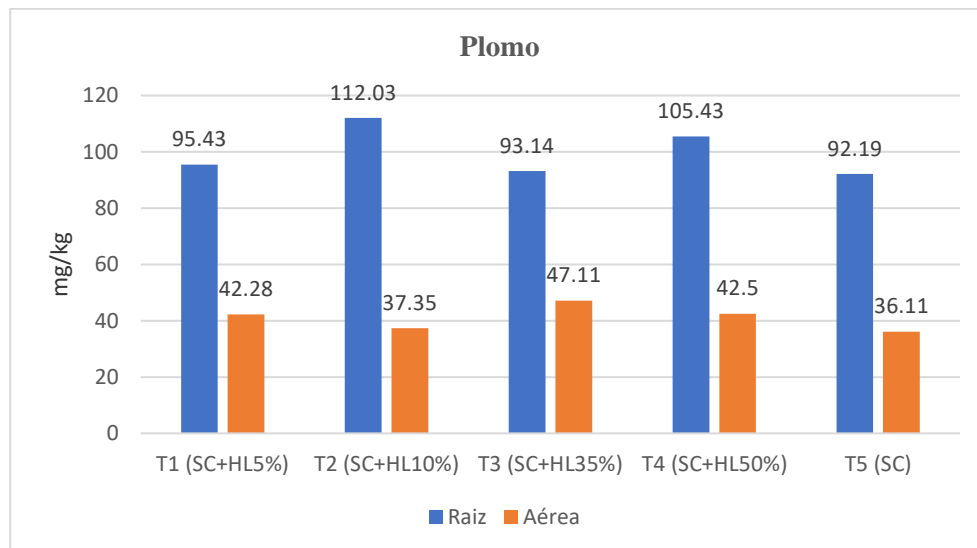


En la figura N° 4 se muestran los resultados de los análisis de cadmio tanto en las raíces y en biomasa aérea. Las concentraciones de cadmio en las raíces fueron en el T4 (8.95 mg/kg), seguido del T2 (7.08mg/kg), T3 (6.19mg/kg), T5 (6.11 mg/kg) y por último el T1 (5.15mg/kg). El orden de concentración de cadmio en las raíces fue: T4>T2>T3>T5>T1.

Las menores concentraciones de cadmio se obtuvieron en la parte aérea (hojas y tallo), a excepción del T2 quien acumulo la mayor concentración de cadmio con (9.5 mg/kg), seguido del T3 (2.96mg/kg), T1 (2.4mgk/kg), T4 (2.05 mg/kg), T4 (2.05mg/kg) y por último el T5 (1.92mg/kg). El orden de concentración de cadmio en las raíces fue: T2>T3>T1>T4>T5.

Figura 5:

Concentración de Plomo en mg/kg en raíz y parte aérea de Portulaca oleraceae.

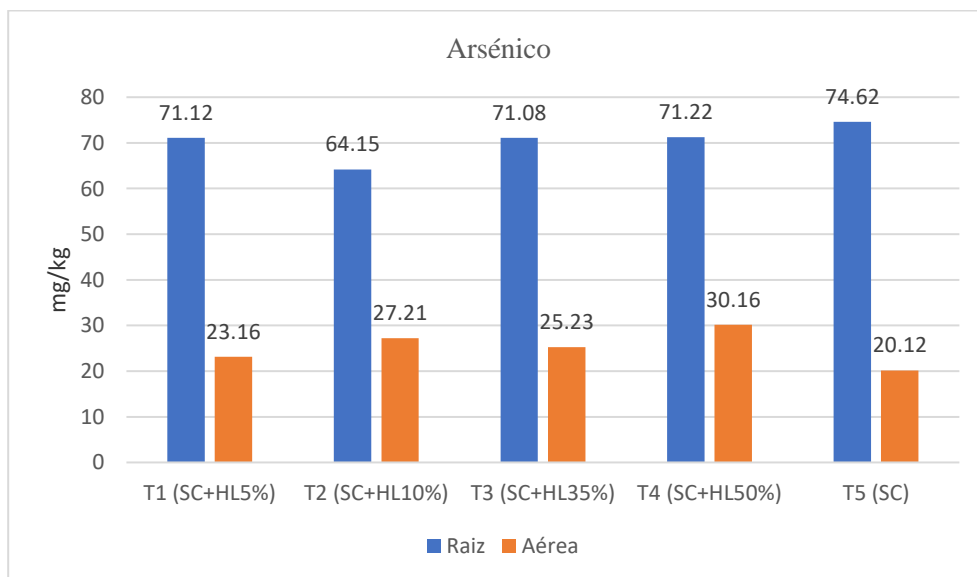


En la figura N° 5 se muestra los resultados de los análisis de plomo tanto en las raíces como en la biomasa aérea. Se puede observar que las mayores concentraciones de plomo se encontraron en las raíces, siendo el T2 el que acumulo mayor cantidad de plomo (112.03 mg/kg), seguido del T4 (105.43mg/kg), T1 (95.43mg/kg), T3 (93.14mg/kg) y por último el T5 (92.19mg/kg). El orden de concentración de plomo en las raíces fue: T2>T4>T1>T3>T5.

Las menores concentraciones de plomo se obtuvieron en la parte aérea (hojas y tallo), el tratamiento que acumulo mayor cantidad de plomo fue el T3 (47.11), seguido del T4 (42.5 mg/kg), T1 (42.28 mg/kg), T2 (37.35mg/kg) y por último el T5 (36.11mg/mg). El orden de concentración de plomo en la parte aérea fue: T3>T4>T1>T2>T5.

Figura 6:

Concentración de Arsénico en mg/kg en raíz y parte aérea de *Portulaca oleraceae*.



En la figura N° 6 se muestra los resultados de los análisis de arsénico tanto en las raíces como en la biomasa aérea. Se puede observar que las mayores concentraciones de arsénico se encontraron en las raíces, siendo el T5 (testigo) el que acumulo mayor cantidad de arsénico con (74.69 mg/kg), seguido del T4 (71.22mg/kg), T1 (71.12mg/kg), T3 (71.08mg/kg) y por último el T2 (64.15mg/kg). El orden de concentración de arsénico en las raíces fue: T5>T4>T1>T3>T2.

Las menores concentraciones de arsénico se obtuvieron en la parte aérea (hojas y tallo), el tratamiento que acumulo mayor cantidad de arsénico fue el T4 (30.16mg/kg) seguido del T2 (27.21mg/mg), T3 (25.23mg/kg), T1 (23.16mg/kg) y por último el T5 (20.12mg/kg). El orden de concentración de arsénico en la parte aérea fue: T4>T2>T3>T1>T5.

3.1.4. Evaluar la capacidad fitorremediadora de *Portulaca oleraceae* en suelos contaminados con metales pesados en el sector Chorobal distrito de Salaverry.

3.1.4.1. Concentración de metales pesados en mg/kg en el suelo al inicio al final del ensayo y la comparación con Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM

Tabla 3

Resultados de la concentración de metales pesados en mg/kg en el suelo de los tratamientos en estudio

Metal mg/kg	T1	T2	T3	T4	T5	DS 011- 2017- MINAM
	SC+ HL5%	SC+HL 10%	SC+ HL35%	SC+ HL50%	SC	
Pb final	51.08	61.02	49.67	40.16	54.95	70
Pb antes	36.84	29.56	33.45	43.15	41.18	
Cr final	21.07	23.43	18.65	13.46	19.45	0.4
Cr antes	16.20	12.87	15.20	19.60	17.05	
Ar final	0.410	0.440	0.517	0.487	0.457	50
Ar antes	22.40	19.45	23.15	26.18	19.50	
Cd final	0.460	0.410	0.360	0.337	0.377	1.4
Cd antes	6.330	8.140	8.210	11.25	7.660	

Nota: Datos obtenidos del Laboratorio LASACI/IQUNT

En la Tabla N° 3 se muestra las concentraciones de los 4 metales pesados (plomo, cromo, arsénico y cadmio) antes y después de la aplicación de los tratamientos para la Fitorremediación.

Se puede observar que en el plomo las concentraciones finales en suelo de menor concentración a mayor fueron en el siguiente orden: T4 (40.16 mg/kg), < T3 (49.67mg/kg), < T1 (51.08mg/kg), < T5 (54.95 mg/kg), T2 (61.02 mg/kg).

En el cromo las concentraciones finales en suelo de menor concentración a mayor fueron en el siguiente orden: T1 (13.46 mg/kg), < T3 (18.65 mg/kg), < T5 (19.45mg/kg), < T1 (21.07mg/kg) y T2 (23.43 mg/kg).

En el arsénico las concentraciones finales en suelo de menor concentración a mayor fueron en el siguiente orden: T1 (0.410 mg/kg), < T2 (0.440 mg/kg), < T5 (0.457 mg/kg), < T4 (0.487 mg/kg) y T3 (0.517 mg/kg).

En el cadmio las concentraciones finales en suelo de menor concentración a mayor fueron en el siguiente orden: T4 (0.337 mg/kg), < T3 (0.360 mg/kg), < T5 (0.377 mg/kg), < T2 (0.410 mg/kg) y < T1 (0.460 mg/kg). Estas concentraciones fueron significativamente menores que los resultados iniciales de cadmio y además el único metal pesado que redujo la concentración final por debajo de los Eca's (1.4)

3.1.4.2. Factor de Traslocación (TF) y Factor de Bioconcentración (BCF) de Cr, Cd, Pb y As para cada tratamiento en estudio

Tabla 4

Concentraciones de Cromo, Cadmio, Plomo y Arsénico en raíz, tallo, hojas, tallo+hojas, y suelo al final del ensayo.

Concentración Tratamiento	Cromo mg/kg	Cadmio mg/kg	Plomo mg/kg	Arsénico mg/kg
T1[] Raíz	24.78	5.150	95.43	71.12
T1[] Tallo	6.130	2.070	34.22	19.32
T1[] hojas	2.130	0.330	8.060	3.840
T1[] tallo+ hojas	8.260	2.400	42.28	23.16
T1[] suelo final	21.07	0.460	51.08	0.410
T2[] Raíz	33.81	7.080	112.0	64.15
T2[] Tallo	8.060	9.260	28.19	23.14
T2[] hojas	1.690	0.240	9.160	4.160
T2[] tallo+hojas	9.750	9.500	37.35	27.30
T2[] suelo final	23.43	0.410	61.02	0.440
T3[] Raíz	29.46	6.190	93.14	71.08
T3[] Tallo	7.080	2.550	37.14	21.46
T3[] hojas	2.130	0.410	10.03	3.770
T3[] tallo+hojas	10.14	2.960	47.17	25.23
T3[] suelo final	18.65	0.360	49.67	0.571
T4[] Raíz	46.31	8.950	105.4	71.22
T4[] Tallo	9.120	1.870	34.57	27.14
T4[] hojas	1.540	0.180	7.930	3.020
T4[] tallo+hojas	10.66	2.050	42.50	30.16
T4[] suelo final	13.46	0.337	40.16	0.487
T5[] Raíz	19.43	6.110	92.19	74.62
T5[] Tallo	5.630	1.790	29.17	17.10

T5[] hojas	1.860	0.130	6.940	3.020
T5[] tallo+hojas	7.490	1.920	36.11	20.12
T5[] suelo final	19.45	0.337	54.95	0.457

Nota: Datos obtenidos del Laboratorio LASACI/IQUNT

En la Tabla 4 se muestran las concentraciones de cromo, cadmio, plomo y arsénico en raíz, tallo, hojas, (tallo+hojas) y suelo al final del ensayo. Estos valores nos permitieron calcular los factores de bioconcentración en la raíz (BCF raíz), bioconcentración en la parte aérea (BCF aérea) y el factor de translocación (TF).

Tabla 5

Valores calculados del Factor de Bioconcentración (BCF)raíz y aérea y Factor de Translocación (TF) en Portulaca sp. en los diferentes tratamientos

MP	Cromo mg/kg			Cadmio mg/kg			Plomo mg/kg			Arsénico mg/kg		
	Fact.	BCF	BCF	TF	BCF	BCF	TF	BCF	BCF	TF	BCF	BCF
Trat.	Raíz	Aérea		Raíz	Aérea		Raíz	Aérea		Raíz	Aérea	
T1	1.180	0.390	0.33	11.20	5.220	0.47	1.870	0.830	0.44	173.4	56.49	0.33
T2	1.440	0.420	0.29	17.27	23.17	1.34	1.840	0.610	0.33	145.8	61.84	0.42
T3	1.580	0.540	0.34	17.19	8.220	0.48	1.880	0.950	0.51	137.4	48.80	0.35
T4	3.440	0.790	0.23	26.56	6.080	0.23	2.630	1.060	0.40	146.2	61.93	0.42
T5	1.000	0.390	0.39	16.21	5.090	0.31	1.680	0.660	0.39	163.2	44.03	0.27

En la tabla 5 se muestran los valores calculados de los factores de bioconcentración en la raíz (BCF raíz), bioconcentración en la parte aérea (BCF aérea) y el factor de translocación (TF) del cromo, cadmio, plomo y arsénico. Se observa que en todos los resultados los valores fueron mayores a 0.1, indicando que la especie *Portulaca oleraceae*, en todos los tratamientos respondió con la capacidad de Tolerar, acumular o Hiperacumular los metales pesados, tal cual se evidencia en la siguiente tabla 6.

En el cromo el BCF Raíz, según el orden de concentración fue T4>T3>T2>T1>T5, el BCF aérea fue T4>T3>T2>T1=T5, para ambos casos se evidencia un efecto positivo de la concentración de Humus de Lombriz, además se evidencia que *Portulaca oleraceae* concentro mayor cantidad de cromo en las raíces que en la parte aérea.

En el cadmio el BCF Raíz, según el orden de concentración fue T4>T2>T3>T5>T1, el BCF aérea fue T2>T3>T4>T1>T5. Se evidencia que *Portulaca oleraceae* concentro mayor cantidad de cadmio en las raíces que en la parte aerea en los tratamientos T4, T3, T1 y T5, en el T2 tuvo mayor concentración en la parte aerea que en las raíces.

En el plomo el BCF Raíz, según el orden de concentración fue T4>T3>T1>T2>T5, el BCF aérea fue T4>T3>T1>T5>T1. Se evidencia que *Portulaca sp.* concentro mayor cantidad de cadmio en las raíces que en la parte aerea.

En el arsénico el BCF Raíz, según el orden de concentración fue T1>T5>T4>T2>T3, el BCF aérea fue T4>T2>T1>T3>T5. Se evidencia que *Portulaca sp.* concentró mayor cantidad de cadmio en las raíces que en la parte aérea, cabe mencionar que el arsénico fue el que mayores concentraciones tuvo en la parte área en comparación con los demás metales.

Tabla 6

Clasificación de Portulaca oleraceae según (Mendieta y Taisigüe, 2014; Lorestani et al., 2011) en la categoría de Acumuladora, Tolerante e Hiperacumuladora de cromo, cadmio, plomo y arsénico en los 5 tratamientos.

MP	Cromo mg/kg			Cadmio mg/kg			Plomo mg/kg			Arsénico mg/kg		
	Fact.	BCF Raíz	BCF Aérea	TF	BCF Raíz	BCF Aérea	TF	BCF Raíz	BCF Aérea	TF	BCF Raíz	BCF Aérea
T1	A	T	T	H	A	T	A	T	T	H	H	T
T2	A	T	T	H	H	A	A	T	T	H	H	T
T3	A	T	T	H	H	T	A	T	T	H	H	T
T4	A	T	T	H	H	T	A	A	T	H	H	T
T5	A	T	T	H	H	T	A	T	T	H	H	T

Nota: A: Acumuladora, T: Tolerante, H: Hiperacumuladora, según en (Mendieta y Taisigüe, 2014),

En la Tabla 6, el BCF raíz del cromo califica a *Portulaca oleraceae* como Acumuladora, el BCF aérea como Tolerante y en el FC Tolerante en todos los Tratamientos.

El BCF raíz del cadmio califica a *Portulaca oleraceae* como Hiperacumuladora, en el BCF aérea como Acumuladora (T1) e Hiperacumuladora en (T2, T3, T4, T5) y en el FT tolerante (T2, T3, T4, T5) y Acumuladora en (T2).

El BCF raíz del plomo califica a *Portulaca oleraceae* como Acumuladora en todos los tratamientos, en el BCF aérea como Tolerante (T1, T2, T3, T5) y Acumuladora en (T4) y en FT Tolerante en todos los tratamientos.

El BCF raíz del arsénico califica a *Portulaca oleraceae* como Hiperacumuladora, el BCF aérea como Hiperacumuladora y en el FC Tolerante en todos los Tratamientos.

3.2. Prueba de hipótesis

Hipótesis General.

- ✓ **La especie *Portulaca oleraceae* es fitorremediadora de suelos contaminados con metales pesados.**

Verificación del supuesto de Normalidad

Utilizamos la prueba Chapiro Wilk, para determinar la normalidad de los datos de los 4 metales pesados antes y después de la aplicación de la Fitorremediación con *Portulaca oleraceae*.

Criterios para determinar la Normalidad:

P-valor $\Rightarrow \alpha 0.05$, aceptar la H_0 = Los datos provienen de una distribución normal

P-valor $\leq \alpha 0.05$, aceptar la H_1 = Los datos NO provienen de una distribución normal

Tabla 7

Resultados de Prueba de Normalidad Chapiro Wilk, para los valores de Cr, Cd, Pb y Ar en el suelo antes y después de aplicar la Fitorremediación con Portulaca oleraceae.

NORMALIDAD			
Cr antes P-valor = 0,989	>	$\alpha = 0.05$	Distribución Normal
Cr después P-valor = 0,741	>	$\alpha = 0.05$	Distribución Normal
Cd antes P-valor = 0,352	>	$\alpha = 0.05$	Distribución Normal
Cd después P-valor = 0,741	>	$\alpha = 0.05$	Distribución Normal
Pb antes P-valor = 0,814	>	$\alpha = 0.05$	Distribución Normal

Pb después P-valor = 0,918	>	$\alpha = 0.05$	Distribución Normal
Ar antes P-valor = 0,489	>	$\alpha = 0.05$	Distribución Normal
Ar después P-valor = 0,961	>	$\alpha = 0.05$	Distribución Normal

Nota: Los valores obtenidos de IBM SPSS

En la Tabla N° 7 se puede observar que todos los valores de los cuatro metales analizados en el antes y después siguen una distribución normal por ser mayores al $\alpha = 0.05$, aceptando la hipótesis H0 y cumpliendo la condición de Normalidad.

Prueba T STUDENT para muestras relacionadas

Con el fin de contrastar la Hipótesis planteada: La especie *Portulaca oleraceae* es fitorremediadora de suelos contaminados con metales pesados se aplicó la prueba T Student para muestras relacionadas, planteado las siguientes premisas de corroboración:

H0= No existe diferencia significativa entre los valores de metales pesados en el suelo antes y después de aplicar la Fitorremediación

H1= Si existe diferencia significativa entre los valores de metales pesados antes y después de aplicar la Fitorremediación

Condición: Si P-valor $> \alpha 0.05$, aceptar la Ho, si P-valor $< \alpha 0.05$, aceptar la H1.

Tabla 8

Resultados de Prueba T Student, para los valores de Cr, Cd, Pb y Ar en el suelo antes y después de aplicar la Fitorremediación con Portulaca oleraceae.

Prueba T STUDENT	Sig. (bilateral)	Condición: Si P-valor	Acepta
Metales Pesados	P-valor	$> \alpha 0.05$, o $< \alpha 0.05$	H0 o H1
Cromo antes y después	0,323	$> \alpha 0.05$	Acepta Ho
Cadmio antes y después	0,001	$< \alpha 0.05$	Acepta H1
Plomo antes y después	0,056	$> \alpha 0.05$	Acepta Ho
Arsénico antes y después	0,000	$< \alpha 0.05$	Acepta H1

Nota: Los valores obtenidos de IBM SPSS

En la Tabla N° 8 se observa que para el caso del Cromo y Plomo no existió diferencias significativas en el antes y después de la Fitorremediación, por el

contrario, en Cadmio y Arsénico si existió una diferencia significativa entre el antes y después de la Fitorremediación, corroborándose la remediación del suelo del Sector Chorobal- Salaverry.

Hipótesis específica

- ✓ **El humus de lombriz tiene efecto en el peso de la biomasa de *Portulaca oleraceae*.**

HO: No existe efecto del Humus de lombriz en el peso fresco de | *Portulaca oleraceae*.

H1: Existe efecto del Humus de lombriz en el peso fresco de *Portulaca oleraceae*.

Condición: Si P-valor $> \alpha$ 0.05, aceptar la Ho, si P-valor $< \alpha$ 0.05, aceptar la H1.

Tabla 9

Análisis de Varianza para el Peso fresco de Portulaca oleraceae. en los 5 Tratamientos en estudio

Anova de un factor	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3459,400	4	864,850	6,014	,001
Intra-grupos	6471,100	45	143,802		
Total	9930,500	49			

Nota: Los valores obtenidos de IBM SPSS

En la Tabla 9 observamos el ANOVA del peso fresco de *Portulaca oleraceae* en los 5 tratamientos, el p valor es 0.01 por lo tanto rechazamos la Ho y aceptamos la H1, por lo tanto, se afirma que si existe efecto del Humus de Lombriz sobre el peso seco de las plantas.

Tabla 10

Prueba de significancia Tukey, intervalo de confianza al 95% y nivel de significancia al 0.05%

Tratamientos en estudio	N	Sub conjunto para alfa= 0.05	
		1	2
T3	10	7.30	
T1	10	16.9	16.9
T5	10	18.0	18.0
T2	10		27.8
T4	10		30.5

En la Tabla 10 se observa los resultados de la prueba de significancia Tukey, donde se evidencia que existió diferencias entre los tratamientos en estudio, el T4 y T2 tuvieron un efecto similar en el peso., siendo los que consiguieron mayor peso fresco de planta, diferenciándose y superando al T5 (testigo).

El T1 y T3 tuvieron un efecto similar en el peso fresco de *Portulaca oleraceae* además estuvieron por debajo del T5 (testigo).

IV. DISCUSIÓN

Determinar la concentración de metales pesados en los suelos del sector Chorobal distrito de Salaverry

Se llegó a determinar la concentración de metales pesados en los suelos del sector Chorobal distrito de Salaverry, Cromo 36.84, 29.56, 33.45, 43.15 y 41.18 mg/kg, Cadmio 6.330, 8.140, 8.210, 11.25 y 7.660 mg/kg, Plomo 36.84, 29.56, 33.4, 43.15 y 41.18 mg/kg, y Arsénico 22.40, 19.45, 23.15, 26.18 y 19.50 mg/kg. Para el cromo y cadmio los valores sobrepasaron los ECA suelo, el plomo y arsénico se mostraron por debajo de los estándares.

Guevara, (2019), en su estudio suelos provenientes de la actividad industrial del carbón antracita en el distrito de Lucma, Provincia Gran Chimú, Región La Libertad, demostró que las cinco muestras de suelo analizadas, no excedieron el umbral de los Estándares de calidad ambiental (ECA), ya que todos los valores estuvieron por debajo del este, sin embargo, al compararlas con la normativa holandesa permitió demostrar que sí existe una contaminación potencial de los suelos con Hg, As, Cd, Co, Mo, Sb, y V.

Evaluar el efecto del humus de lombriz en el peso de la biomasa de *Portulaca oleraceae*.

Al evaluar el efecto del humus de lombriz en el peso de la biomasa de *Portulaca oleraceae* se demostró que los mejores pesos se obtuvieron en el T4 (Suelo contaminado + Humus de lombriz 50%) con 30.5 g. promedio, seguidos del T2 (Suelo contaminado + Humus de lombriz 10% con 27.8 g., el Testigo T5 (Suelo contaminado) con 18 g., T1 (Suelo contaminado + Humus de lombriz 5%) con 16,9 y por último el T3 (Suelo contaminado + Humus de lombriz 35%) con 7.8 g. Se puede afirmar que existió una influencia en la ganancia de peso de *Portulaca oleraceae* con la aplicación de humus de lombriz a la dosis de 50% y 10%, como lo demuestra la prueba de hipótesis.

Alyazouri et al., (2021), en su investigación los resultados indicaron que la absorción de Cr (VI) por *Portulaca oleracea* se vio influenciada por el 0.42% de contenido orgánico, un rango de pH ligeramente alcalino (~8) y una concentración de sulfato en el rango de 300-600 ppm.

Además, los resultados de Arancibia y Mundaca, (2015), demostraron que, adicionando humus de lombriz en sus tres tratamientos en comparación con un testigo de suelo de relave, tuvo efecto en la altura y en el diámetro de las especies estudiadas. Los mejores resultados se mostraron en el tratamiento T3 (91% suelo de relave: 9% humus de lombriz), concluyendo que las enmiendas ayudan a incrementar la fertilidad, calidad y las propiedades microbiológicas y químicas del suelo, repercutiendo favorablemente en el crecimiento de las plantas.

Canaza y Mamani, (2022), evaluaron la capacidad fitorremediadora de la *Urtica urens* y *Brassica nigra* utilizando dos tipos de enmiendas orgánicas (estiércol de ovino y humus de lombriz) con el fin de Fitorremediar mercurio en suelos contaminados, sus resultados mostraron ser eficientes para la reducción de mercurio, la mejor remoción del metal fue con la especie de *Urtica urens*, en el tratamiento OH3 (60% suelo contaminado y 40% de humus) con una concentración final de 42,63 ppm de mercurio.

Febres, (2019), en su tesis demostró que el tratamiento T2 (Humus de lombriz 0.25 kg+ Suelo contaminado: 5 kg. Suelo + 105 ppm Pb) obtuvo mejor remoción de plomo del suelo mostrando una eficiencia del 81,21 %, logrando disminuir el nivel inicial de plomo de 121,05 mg/kg hasta 22,75 mg/kg, representado una remoción de 98,30 ppm; a la vez el tratamiento mejoro el contenido de la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, pH y los niveles de N, P y K en el suelo.

Bustamante, (2018), en su trabajo de tesis evaluó la aplicación de estiércol de lombriz a concentraciones de: 5%, 10%, 15% y 20%, más un testigo en plantas de maíz en un tiempo de 62 días, luego analizó la presencia de cromo y arsénico en la parte aérea; los resultados mostraron que el efecto del estiércol de lombriz redujo la disponibilidad de cromo en la parte aérea de la plantas y aumento la disponibilidad del arsénico en la parte aérea, el arsénico total (mg/kg) varió en el

rango de 0,53 a 3,66, tras el empleo de 5 %,10%,15% y 20 % de volumen de estiércol de lombriz.

Poma, (2022), es su trabajo de tesis demostró que la adición de enmiendas orgánicas en *Zea mays L*, incrementan la concentración de cadmio total en un rango de 6.94 mg/kg a 13.79 mg/kg, siendo los tratamientos con vermicompost a una dosis de 5%, 10% y 20% los que evidenciaron los mejores resultados. El cadmio en el suelo se incrementó de 7.38 mg/kg a 8.77 mg/kg en relación al testigo, siendo el compost a una dosis de 10% y 20% y el vermicompost al 20% los que tuvieron las menores concentraciones de cadmio en el suelo.

Cadillo, (2022), es su trabajo de tesis investigó la adición de enmiendas (cal, humus y bioestimulante). El tratamiento más eficiente para el proceso de fitorremediación fue el tratamiento T3, (humus al 35% ya que logró concentrar mejor el Cadmio en las hojas, mayor crecimiento foliar, mayor longitud de raíz y el desarrollo de hijuelos, que evidencia la excelente adaptación del Agave.

Determinar la concentración de metales pesados en las raíces y en la parte aérea de *Portulaca oleraceae*

El cromo tuvo mayor concentración en las raíces de *Portulaca oleraceae*, el T4 (46.31 mg/kg), T2 (33.81 mg/kg), T1 (24.78mg/kg), T3 (29.46 mg/kg) y el T5 (19.43mg/kg). El orden de concentración de cromo en las raíces fue: T4>T2>T1>T3>T5. Las menores concentraciones fueron en la parte aérea T4 (10.66 mg/kg), T3 (10.14 mg/kg), T2 (9.75mg/kg), T1 (8.26mg/kg) y el T5 (7.49mg/kg). El orden de concentración de cromo en la parte aérea fue: T4>T3>T2>T1>T5.

El cadmio en las raíces: T4 (8.95 mg/kg), T2 (7.08mg/kg), T3 (6.19mg/kg), T5 (6.11 mg/kg) y T1 (5.15mg/kg). El orden de concentración de cadmio en las raíces fue: T4>T2>T3>T5>T1. Las menores concentraciones de cadmio se obtuvieron en la parte aérea (hojas y tallo), a excepción del T2 quien acumulo la mayor concentración de cadmio con (9.5 mg/kg), T3 (2.96mg/kg), T1 (2.4mgk/kg), T4 (2.05mg/kg) el T5 (1.92mg/kg). El orden de concentración de cadmio en las raíces fue: T2>T3>T1>T4>T5.

Las mayores concentraciones de plomo se encontraron en las raíces, siendo el T2 el que acumulo mayor cantidad de plomo (112.03 mg/kg), T4 (105.43mg/kg), T1 (95.43mg/kg), T3 (93.14mg/kg) y el T5 (92.19mg/kg). El orden de concentración de plomo en las raíces fue: T2>T4>T1>T3>T5. Las menores concentraciones de plomo se obtuvieron en la parte aérea (hojas y tallo), el tratamiento que acumulo mayor cantidad de plomo fue el T3 (47.11), T4 (42.5 mg/kg), T1 (42.28 mg/kg), T2 (37.35mg/kg) y T5 (36.11mg/mg). El orden de concentración de plomo en la parte aérea fue: T3>T4>T1>T2>T5.

Las mayores concentraciones de arsénico se encontraron en las raíces, siendo el T5 (testigo) el que acumulo mayor cantidad de arsénico con (74.69 mg/kg), T4 (71.22mg/kg), T1 (71.12mg/kg), T3 (71.08mg/kg) y el T2 (64.15mg/kg). El orden de concentración de arsénico en las raíces fue: T5>T4>T1>T3>T2. Las menores concentraciones de arsénico se obtuvieron en la parte aérea (hojas y tallo), el tratamiento que acumulo mayor cantidad de arsénico fue el T4 (30.16mg/kg) T2 (27.21mg/mg), T3 (25.23mg/kg), T1 (23.16mg/kg) y por último el T5 (20.12mg/kg). El orden de concentración de arsénico en la parte aérea fue: T4>T2>T3>T1>T5.

Thalassinis et al., (2021), en su investigación evaluaron a *Portulaca oleracea* L. durante 50 días sometida a suelos contaminados con cromo. En los resultados se evidencio que el Cr (VI) en los tejidos de *P. oleracea* se encontraba principalmente acumulados en las raíces y en concentraciones relativamente bajas en los tejidos aéreos. Concluyeron que *P. oleracea* es una especie de planta tolerante, especialmente si se la ayuda con un nivel suficiente de fertilización nitrogenada.

Dwivedi et al., (2012), investigaron a las especies *Potulaca tuberosa* y *Portulaca oleracea*, las cuales se recolectaron de dos campos en Vadodara, Gujarat, India; uno de ellos fue regado con efluentes industriales y el otro con agua de pozo tubular. Ambas especies fueron analizadas en la acumulación de metales pesados en diferentes partes de la planta, (raíces, tallo, hojas y flores). Las plantas recolectadas de áreas regadas con efluentes contaminadis con metales pesados, mostraron alta acumulación de todos los metales en todos las partes de la planta evidenciandose la máxima concentracion en las raíces y la mínima en las

flores, ambas especies de *Portulaca* demostraron hiperacumulación de múltiples elementos: Cu, Ni, Hg y Pb.

Evaluar la capacidad fitorremediadora de *Portulaca oleraceae* en suelos contaminados con metales pesados en el sector Chorobal distrito de Salaverry.

En los resultados obtenidos en el cromo y plomo no existió diferencias significativas entre el antes y después de la Fitorremediación, por el contrario, en el cadmio y arsénico si existió una diferencia significativa entre el antes y después de la Fitorremediación, corroborándose la remediación exitosa del suelo del Sector Chorobal- Salaverry para estos dos últimos metales pesados.

Los valores calculados de los factores de bioconcentración en la raíz (BCF raíz), bioconcentración en la parte aérea (BCF aérea) y el factor de translocación (TF) del cromo, cadmio, plomo y arsénico, muestran valores mayores a 0.1, indicando que la especie *Portulaca oleraceae* en todos los tratamientos respondió con la capacidad de Tolerar, acumular o Hiperacumular los metales pesados, tal cual se evidencia en las tablas de resultados.

Zanganeh et al., (2022), evaluaron comparativamente dos estrategias: bioaumentación mediante el uso de cianobacteria (*Oscillatoria* sp.) y fitorremediación asistida por bioaumentación usando *Oscillatoria* sp. y verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), en suelos contaminados con metales pesados: Cr (III), Cr (VI), Fe, Al y Zn. Utilizaron varias dosis de biocarbón (0,5, 2 y 5 %) como enmienda para facilitar el proceso de remediación. Los resultados mostraron que la aplicación de biocarbón y cianobacterias en el suelo aumentó significativamente los contenidos de clorofila, nitrógeno y carbono orgánico, además las fracciones extraíbles de Cr, estos tratamientos mejoraron las cantidades del índice de tolerancia (TI) de la verdolaga mientras que disminuyeron los valores de su coeficiente de bioacumulación (BAC) y factor de bioconcentración (BCF). Para todos los metales pesados (excepto Zn), el factor de translocación (TF) y los valores de BAC fueron mayores a 1,0 (acumuladoras) en todos los tratamientos, lo que indica una fitoextracción exitosa de la especie *Portulaca oleracea* L.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó la concentración inicial de plomo, cromo, arsénico y cadmio en cinco muestras de suelo del Sector de Chorobal. Al comparar con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, el plomo no superó los 70mg/kg, el cromo en todas las muestras superaron los 0.4 mg/kg siendo calificado como contaminante, el arsénico no superó los 50mg/k, y por último el cadmio en las 5 muestras supero el 1.4mg/kg calificando como contaminante del suelo.
- ✓ Se demostró que los mejores pesos se obtuvieron en el T4 (Suelo contaminado + Humus de lombriz 50%) con 30.5 g. promedio, seguidos del T2 (Suelo contaminado + Humus de lombriz 10% con 27.8 g., el Testigo T5 (Suelo contaminado) con 18 g., T1 (Suelo contaminado + Humus de lombriz 5%) con 16,9 y por último el T3(Suelo contaminado + Humus de lombriz 35%) con 7.8 g. Se puede afirmar que existió una influencia en la ganancia de peso de *Portulaca oleraceae* con la aplicación de humus de lombriz a la dosis de 50% y 10%.
- ✓ Las mayores concentraciones de cromo, cadmio, plomo y arsénico se encontraron en las raíces de *Portulaca oleraceae*, siendo el T4 el que acumulo mayor cantidad de cromo y cadmio (46.31 mg/kg y 8.95 mg/kg respectivamente), en el plomo el T2 acumulo mayor cantidad (112.03 mg/kg) y en el arsénico fue el T5 (testigo) quien acumulo mayor cantidad (74.69 mg/kg.).
- ✓ Los resultados de las concentraciones de los metales en el suelo antes y después de la aplicación de la fitorremediación nos muestra que en el cromo y plomo no existió diferencias significativas entre el antes y después de la Fitorremediación, por el contrario, en el cadmio y arsénico si existió una diferencia significativa entre el antes y después de la Fitorremediación, corroborándose la remediación del suelo del Sector Chorobal- Salaverry del cadmio y arsénico.
- ✓ Los valores calculados de los factores de bioconcentración en la raíz (BCF raíz), bioconcentración en la parte aérea (BCF aérea) y el factor de translocación (TF)

del cromo, cadmio, plomo y arsénico, muestran valores mayores a 0.1, indicando que la especie *Portulaca oleraceae*, en todos los tratamientos respondió con la capacidad de Tolerar, Acumular o Hiperacumular los metales pesados.

- ✓ Con todos los resultados obtenidos se demuestra la capacidad fitorremediadora de *Portulaca oleraceae*. en suelos contaminados con metales pesados del sector Chorobal distrito de Salaverry provincia de Trujillo”

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abou-Shanab, R.A., Angle, J.S. y Chaney, R.L. 2006. Bacterial inoculants affecting nickel uptake by *Alyssum murale* from low, moderate and high Ni soils. *Soil Biol. Biochem.* 38: 2882-2889.
- Alyazouri, A. H., Jewsbury, R. A., Tayim, H. A., Humphreys, P. N., & Al-Sayah, M. H. (2013). *Phytoextraction of Cr (VI) from soil using Portulaca oleracea*. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 95(8), 1338-1347. <https://doi.org/10.1080/02772248.2013.877463>
- Alyazouri, A., Jewsbury, R., Tayim, H., Humphreys, P., & Al-Sayah, M. H. (2020). Uptake of chromium by portulaca oleracea from soil: Effects of organic content, pH, and sulphate concentration. *Applied and Environmental Soil Science*, 2020 doi:10.1155/2020/3620726.
- Arancibia Cabrera, O., & Mundaca Fredes, E. (2015). *Evaluación de la factibilidad para la fitoestabilización (ensayo piloto) utilizando recursos fitogenéticos nativos y humus de lombriz como acondicionador para el tranque de relaves Cauquenes, comuna de Requínoa*. [Trabajo de tesis para optar por el título en Ingeniería Ambiental, Universidad de Valparaíso]. <http://159.65.240.138/handle/uvsc1/2318>.
- Avila González, D. A., & AVILA GONZALEZ, D. A. (2017). *Fitoextracción de suelos contaminados por elementos potencialmente tóxicos en la región de Atlixco, Puebla* (Master's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla).
- Bustamante Carrión, M. E. (2018). *Efecto de la aplicación de estiércol de lombriz en la disponibilidad de arsénico y cromo, en un cultivo de maíz del distrito de Orcotuna, Concepción-2016*. [Trabajo de tesis para optar por el título en Ingeniería Ambiental, Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4650/4/IV_FIN_10_7_TE_Bustamante_Carrion_2018.pdf
- Cadillo Chapeton, E. K. (2022). Evaluación de la capacidad fitorremediadora de la especie agave americana l.(maguey) mediante la incorporación de enmiendas en relaves mineros, Huaraz-Ancash, 2020. [Tesis para optar el Título en ingeniería

ambiental, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].
<https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5196>

Canaza Chicasaca, G. J., & Mamani Condori, Y. (2022). *Fitorremediación de suelos contaminados con mercurio utilizando Urtica urens y Brassica nigra en función de dos tipos de enmiendas orgánicas*. [Trabajo de tesis para optar por el título en Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión].

Correa, A. R. (2017). *Fenologia e produção de mudas de Portulaca oleracea subsp. sativa em clima tropical*. Universidade Federal de Mato Grosso Faculdade de Agronomia e Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

Díaz Padrón, H., González Chamorro, R. M., Pastor Arango, M. E., & Ibarra Fernández de la Vega, E. J. (2014). Evaluación de la exposición ocupacional a polvo de antracita. *Rev. cuba. salud trabajo*

Dwivedi, S., Mishra, A., Kumar, A., Tripathi, P., Dave, R., Dixit, G., ... & Tripathi, R. D. (2012). Bioremediation potential of genus Portulaca L. collected from industrial areas in Vadodara, Gujarat, India. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 14, 223-228. doi 10.1007/s10098-011-0389-6

ESTAMIN (05 abril, 2022). *BOLETÍN ESTADÍSTICO MINERO*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3068516/BEM%2003-2022.pdf.pdf>.

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Suelo. Decreto Supremo N°011-2017-MINAM, Normas Legales 491497. El Peruano. (diciembre de 2017)
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>

Evaris, E., Sarmiento-Franco, L. A., Segura-Correa, J., & Capetillo-Leal, C. (2015). Effect of dietary inclusion of purslane (portulaca oleracea l.) on yolk omega-3 fatty acids content, egg quality and productive performance of rhode island red hens. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18(1).
<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1943>

Febres Flores, S. E. (2019). *Remediación de suelos contaminados con plomo (Pb) mediante el empleo de girasol (Helianthus annuus) y estiércol de lombriz roja*

(Eisenia foetida) en condiciones controladas. [Trabajo de tesis para optar por el título en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12074/IAfeflse.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Guevara Alvarado, N. (2019). Elementos de contaminación ambiental generados por la extracción informal de carbón y alternativas de extracción sostenible en el distrito de Lucma, Provincia Gran Chimú – Región La Libertad. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 22(44), 75–84. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v22i44.17288>

Guía para Muestreo de Suelos (2014). Decreto Supremo N°002-2013-MINAM. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

Lorestani, B., Cheraghi, M., & Yousefi, N. (2011). Phytoremediation potential of native plants growing on a heavy metals contaminated soil of copper mine in Iran. *International Journal of Geological and Environmental Engineering*, 5(5), 299-304. [file:///C:/Users/HP/Downloads/Phytoremediation-Potential-of-Native-Plants-Growing-on-a-Heavy-Metals-Contaminated-Soil-of-Copper-mine-in-Iran%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Phytoremediation-Potential-of-Native-Plants-Growing-on-a-Heavy-Metals-Contaminated-Soil-of-Copper-mine-in-Iran%20(1).pdf)

Medina Marcos, K. D., & Montano Chávez, Y. N. (2014). *Determinación del factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados en el Juncus arcticus Willd. y Cortaderia rudiusscula Stapf, de áreas contaminadas con el pasivo ambiental minero Alianza-Ancash 2013*. [Tesis para optar el Título en ingeniería ambiental, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1775>

Mendarte-Alquisira, C., Alarcón, A., & Ferrera-Cerrato, R. (2021). Fitorremediación: Alternativa biotecnológica para recuperar suelos contaminados con DDT. Una revisión. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 24.

Mendieta Bras, C. y Taisigüe, K. (2014). Acumulación y traslocación de metales, metaloides y no metales en plantas nativas de la zona minera de Chontales: Implicaciones para el potencial de fito-remediación. Austrina partnership

programme in *Higher Education and Research for Developmen.* 1-12.
https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/methods/Accumulation-and-Translocation-metals-in-native-plants_Extended-abstract.pdf

Mishra, T., Pandey, V., Singh, P., Singh, N. y Singh, N. (2017). Assessment of phytoremediation potential of native grass species growing on red mud deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, 182, 206-209. doi:10.1016/j.gexplo.2016.12.015

Munive Cerrón, R. V. (2018). *Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el valle del Mantaro mediante compost de Stevia y fitorremediación.* [Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae en ingeniería y ciencias ambientales, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3770/munive-cerron-ruben-victor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Poma Jimenez, A. A., & Quiñonez Rojas, C. E. (2022). *Efecto de enmiendas orgánicas en la fitorremediación con Zea mays l. en un suelo contaminado con cadmio.* Leonor Ordoñez, Jauja-2021. [Tesis para optar el Título en ingeniería ambiental, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11108>

Prabha, D., Sivakumar, S., Subbhuraam, C. V., & Son, H. K. (2015). Responses of *Portulaca oleracea* Linn. to selenium exposure. *Toxicology and Industrial Health*, 31(5), 412-421. <https://doi.org/10.1177/0748233713475502>

Thalassinos, G., Nastou, E., Petropoulos, S. A., & Antoniadis, V. (2022). Soil dynamics of Cr (VI) and responses of *Portulaca oleracea* L. grown in a Cr (VI)-spiked soil under different nitrogen fertilization regimes. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-16413-w>

Whiting, S. N., de Souza, M. P., & Terry, N. (2001). Rhizosphere bacteria mobilize Zn for hyperaccumulation by *Thlaspi caerulescens*. *Environmental science & technology*, 35(15), 3144-3150.

Zanganeh, F., Heidari, A., Sepehr, A., & Rohani, A. (2022). Bioaugmentation and bioaugmentation–assisted phytoremediation of heavy metal contaminated soil by a synergistic effect of cyanobacteria inoculation, biochar, and purslane (*portulaca oleracea* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 29(4), 6040-6059. doi:10.1007/s11356-021-16061-0.

Zevallos Ponce, C. A., y Diaz Ampuero, A. N. (2020). *Análisis bibliográfico de los residuos con alto poder calorífico como alternativa de sustitución a los combustibles fósiles en la industria*. [Trabajo académico para optar por el grado académico de Bachiller en Ingeniería Industrial, Universidad Católica San Pablo]. http://54.213.100.250/bitstream/20.500.12590/16639/1/DIAZ_AMPUERO_AND_COM.pdf

ANEXOS

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Pruebas de normalidad Antes y Después Fitorremediación Valores de Arsénico

ARSÉNICO	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pb antes	0,914	5	0,489
Pb después	0,985	5	0,961

Prueba de muestras relacionadas

Arsénico	Media	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	Antes - Después	21,63800	2,84197	1,27097	18,10923	25,16677	17,025	4	,000

Pruebas de normalidad Antes y Después Fitorremediación Valores de Cromo

CROMO	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Cr Antes	,993	5	,989
Cr Después	,950	5	,741

Prueba de muestras relacionadas

CROMO	Media	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	Antes - Después	-3,02800	6,01558	2,69025	-10,49733	4,44133	-1,126	4	,323

Pruebas de normalidad Antes y Después Fitorremediación Valores de Cadmio

CADMIO	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Cd Antes	,889	5	,352
Cd Después	,960	5	,806

Prueba de muestras relacionadas										
CADMIO		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia						
				Inferior	Superior					
Par 1	Antes - Despues	7,92920	1,84438	,82483	5,63910	10,21930	9,613	4	,001	

Pruebas de normalidad Antes y Después Fitorremediación Valores de Plomo

PLOMO	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pb antes	0,961	5	0,814
Pb después	0,977	5	0,818

Prueba de muestras relacionadas										
PLOMO		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación n típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia						
				Inferior	Superior					
Par 1	Antes - Despues	-14,60000	12,22878	5,46888	-29,78404	,58404	-2,670	4	,056	

ANOVA de un factor

Peso fresco de *Portulaca* sp.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3459,400	4	864,850	6,014	,001
Intra-grupos	6471,100	45	143,802		
Total	9930,500	49			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Peso fresco de *Portulaca* sp.

HSD de Tukey

(I) Tratamientos en estudio	(J) Tratamientos en estudio	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
5% HUMUS	10% HUMUS	-10,90000	5,36288	,268	-26,1383	4,3383
	35% HUMUS	9,60000	5,36288	,392	-5,6383	24,8383
	50% HUMUS	-13,60000	5,36288	,101	-28,8383	1,6383
	0 % HUMUS	-1,10000	5,36288	1,000	-16,3383	14,1383
10% HUMUS	5% HUMUS	10,90000	5,36288	,268	-4,3383	26,1383
	35% HUMUS	20,50000*	5,36288	,004	5,2617	35,7383
	50% HUMUS	-2,70000	5,36288	,987	-17,9383	12,5383
	0 % HUMUS	9,80000	5,36288	,371	-5,4383	25,0383
35% HUMUS	5% HUMUS	-9,60000	5,36288	,392	-24,8383	5,6383
	10% HUMUS	-20,50000*	5,36288	,004	-35,7383	-5,2617
	50% HUMUS	-23,20000*	5,36288	,001	-38,4383	-7,9617
	0 % HUMUS	-10,70000	5,36288	,285	-25,9383	4,5383
50% HUMUS	5% HUMUS	13,60000	5,36288	,101	-1,6383	28,8383
	10% HUMUS	2,70000	5,36288	,987	-12,5383	17,9383
	35% HUMUS	23,20000*	5,36288	,001	7,9617	38,4383
	0 % HUMUS	12,50000	5,36288	,154	-2,7383	27,7383
0 % HUMUS	5% HUMUS	1,10000	5,36288	1,000	-14,1383	16,3383
	10% HUMUS	-9,80000	5,36288	,371	-25,0383	5,4383
	35% HUMUS	10,70000	5,36288	,285	-4,5383	25,9383
	50% HUMUS	-12,50000	5,36288	,154	-27,7383	2,7383

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Peso fresco de *Portulaca oleraceae*

HSD de Tukey^a

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
35% HUMUS	10	7,3000	
5% HUMUS	10	16,9000	16,9000
0 % HUMUS	10	18,0000	18,0000
10% HUMUS	10		27,8000
50% HUMUS	10		30,5000
Sig.		,285	,101



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS
LASACI / IQUNT

SOLICITANTE	: JANETH VALDIVIA GONZÁLEZ
MUESTRA	: SUELO
FECHA DE INGRESO	: 17 DE MARZO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CÓDIGO DE MUESTRA	MUESTRA - 001		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
Pb ± LC	mg/kg	36.84 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	16.20 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	22.40 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	6.33 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

CÓDIGO DE MUESTRA	MUESTRA - 002		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
Pb ± LC	mg/kg	29.56 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	12.87 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	19.45 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	8.14 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBÓN - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

lasaciun@untrujillo.edu.pe @ 940950632



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS
LASACI / IQUNT

SOLICITANTE	: JANETH VALDIVIA GONZÁLEZ
MUESTRA	: SUELO
FECHA DE INGRESO	: 17 DE MARZO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CÓDIGO DE MUESTRA	MUESTRA - 001		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
Pb ± LC	mg/kg	36.84 ± 0.5	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	16.20 ± 0.05	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	22.40 ± 0.1	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	6.33 ± 0.1	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

CÓDIGO DE MUESTRA	MUESTRA - 002		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
Pb ± LC	mg/kg	29.56 ± 0.5	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	12.87 ± 0.05	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	19.45 ± 0.1	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	8.14 ± 0.1	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

lasacim6@gmail.com 948959632



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: JANET GONZÁLES VALDIVIA
MUESTRA	: SUELO - MI
PROCEDENCIA	: Autopista Salaverry Km 2.5 sector chorobal, Salaverry
FECHA DE INGRESO	: 23 DE AGOSTO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN			
<i>SUELO - MI</i>			
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
ph	-	6.23	Potenciómetro
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	1.36	Conductímetro
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
CADMIO	mg/kg	0.4600	Espectroscopía AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
ARSÉNICO	mg/kg	0.4100	Espectroscopía AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
PLOMO	mg/kg	51.0850	Espectroscopía AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
CROMO	mg/kg	21.0700	Espectroscopía AA o AAS por atomic absorption spectroscopy

TRUJILLO, 06 DE SETIEMBRE DEL 2022


 WILFREDO CRUZADO
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP-122168



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: JANET GONZÁLES VALDIVIA
MUESTRA	: SUELO - M2
PROCEDENCIA	: Autopista Salaverry Km 2.5 sector chorobal, Salaverry
FECHA DE INGRESO	: 23 DE AGOSTO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN		SUELO - M2	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
ph	-	6.44	Potenciómetro
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	19%	Conductímetro
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
CADMIO	mg/kg	0.4100	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
ARSÉNICO	mg/kg	0.4475	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
PLOMO	mg/kg	61.0255	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
CROMO	mg/kg	23.4300	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

TRUJILLO, 06 DE SETIEMBRE DEL 2022


CIP 122509

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: JANET GONZÁLES VALDIVIA
MUESTRA	: SUELO - M3
PROCEDENCIA	: Autopista Salaverry Km 2.5 sector chorobal, Salaverry
FECHA DE INGRESO	: 23 DE AGOSTO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN		SUELO - M3	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
ph	-	6.70	Potenciómetro
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	2.35	Conductímetro
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
CADMIO	mg/kg	0.3600	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
ARSÉNICO	mg/kg	0.5175	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
PLOMO	mg/kg	49.6700	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
CROMO	mg/kg	18.6500	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

TRUJILLO, 06 DE SETIEMBRE DEL 2022


 GONZALEZ JANET MERCEDES
 FÍSICO QUÍMICO
 CIP 132188



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: JANET GONZALES VALDIVIA
MUESTRA	: SUELO - M4
PROCEDENCIA	: Autopista Salaverry - Km 2.5 sector chorobal, Salaverry
FECHA DE INGRESO	: 23 DE AGOSTO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN		SUELO - M4	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
ph	-	6.43	Potenciómetro
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	0.75	Conductímetro
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
CADMIO	mg/kg	0.3375	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
ARSÉNICO	mg/kg	0.4875	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
PLOMO	mg/kg	40.1600	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
CROMO	mg/kg	13.4600	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

TRUJILLO, 06 DE SETIEMBRE DEL 2022


 CAROL AGUIRRE CORTI REYES
 MUESTRAS Y SERVICIOS
 CIP 122548

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: JANET GONZÁLES VALDIVIA
MUESTRA	: SUELO - M5
PROCEDENCIA	: Autopista Salaverry Km 2.5 sector chorobal, Salaverry
FECHA DE INGRESO	: 23 DE AGOSTO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN		SUELO - M5	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
ph	-	6.17	Potenciómetro
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	1.41	Conductímetro
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
CADMIO	mg/kg	0.3775	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
ARSÉNICO	mg/kg	0.4575	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
PLOMO	mg/kg	54.9500	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
CROMO	mg/kg	19.4500	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

TRUJILLO, 06 DE SETIEMBRE DEL 2022


 Laboratorio Físico Químico Ambiental Perú S.A.C.
 Huancayo, Perú
 CP 122008

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: JANET GONZÁLES VALDIVIA
MUESTRA	: PLANTA - P2
PROCEDENCIA	: Autopista Salaverry Km 2.5 sector chorobaf, Salaverry
FECHA DE INGRESO	: 23 DE AGOSTO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN		RAÍZ - P2		
ANÁLISIS METALES PESADOS				
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO	
Pb ± LC	mg/kg	112.03 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy	
Cr ± LC	mg/kg	33.81 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy	
Ar ± LC	mg/kg	64.15 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy	
Cd ± LC	mg/kg	7.08 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy	

CODIFICACIÓN		TALLO - P2		
ANÁLISIS METALES PESADOS				
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO	
Pb ± LC	mg/kg	28.19 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy	
Cr ± LC	mg/kg	8.06 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy	

[Firma]
 INGENIERO QUÍMICO
 QSP 122514

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com



As ± LC	mg/kg	23.14 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	2.96 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy

CODIFICACIÓN		HOJAS - P2		
ANÁLISIS METALES PESADOS				
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO	
Pb ± LC	mg/kg	9.16 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy	
Cr ± LC	mg/kg	1.69 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy	
As ± LC	mg/kg	4.07 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy	
Cd ± LC	mg/kg	0.24 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy	



TRUJILLO, 06 DE SETIEMBRE DEL 2022

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: JANET GONZALES VALDIVIA
MUESTRA	: PLANTA - P1
PROCEDENCIA	: Autopista Salaverry Km 2.5 sector chorobal, Salaverry
FECHA DE INGRESO	: 23 DE AGOSTO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN		RAÍZ - P1	
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Pb ± LC	mg/kg	95.43 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	24.78 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	71.12 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	5.15 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy

CODIFICACIÓN		TALLO - P1	
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Pb ± LC	mg/kg	34.21 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	6.13 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy


 Celia María Rodríguez
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP-133508

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.



ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189

As ± LC	mg/kg	19.32 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	2.07 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy

CODIFICACIÓN		HOJAS - PI	
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Pb ± LC	mg/kg	8.06 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	2.43 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	3.84 ± 0.3	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	0.33 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy



TRUJILLO, 06 DE SETIEMBRE DEL 2022

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: JANET GONZÁLES VALDIVIA
MUESTRA	: PLANTA - P3
PROCEDENCIA	: Autopista Salaverry Km 2.5 sector chorobaí, Salaverry
FECHA DE INGRESO	: 23 DE AGOSTO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN		RAÍZ - P3	
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Pb ± LC	mg/kg	93.14 ± 0.3	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	29.46 ± 0.05	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	71.08 ± 0.1	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	6.19 ± 0.1	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

CODIFICACIÓN		TALLO - P3	
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Pb ± LC	mg/kg	37.12 ± 0.5	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	7.08 ± 0.05	Espectroscopía AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

Signature
CARLO GONZÁLES VALDIVIA
Ingeniero Químico
RUP 122584

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 - CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.



ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189

As ± LC	mg/kg	21.46 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	2.55 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

CODIFICACIÓN		HOJAS - P3	
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Pb ± LC	mg/kg	10.03 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	3.06 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	3.77 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	0.41 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy



TRUJILLO, 06 DE SETIEMBRE DEL 2022

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.
RUC: 20605355189

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE:	: JANET GONZALES VALDIVIA
MUESTRA:	: PLANTA - P4
PROCEDENCIA:	: Autopista Salaverry Km 2.5 sector chorobal, Salaverry
FECHA DE INGRESO:	: 23 DE AGOSTO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS QUÍMICO:

CODIFICACIÓN		RAÍZ - P4	
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Pb ± LC	mg/kg	105.43 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	46.31 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	71.22 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	8.95 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy

CODIFICACIÓN		TALLO - P4	
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Pb ± LC	mg/kg	34.57 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	9.12 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS por atomic absorption spectroscopy


 Físico Químico
 CIP 12222

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.



ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 2060535189

As ± LC	mg/kg	27.14 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	1.87 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

CODIFICACIÓN		HOJAS - P4	
ANÁLISIS METALES PESADOS			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Pb ± LC	mg/kg	2.93 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	1.54 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	3.02 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	0.18 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

FQA PERU

[Signature]
 Físico Químico
 EIP 122318

TRUJILLO, 06 DE SETIEMBRE DEL 2022

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.



ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189

Ar ± LC	mg/kg	17.10 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	1.79 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

CODIFICACIÓN		HOJAS - P5		
ANÁLISIS METALES PESADOS				
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO	
Pb ± LC	mg/kg	6.94 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy	
Cr ± LC	mg/kg	1.86 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy	
Ar ± LC	mg/kg	3.02 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy	
Cd ± LC	mg/kg	0.13 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy	

FQA PERU

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.
RUC: 20605355189

TRUJILLO, 06 DE SETIEMBRE DEL 2022

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 942 844 957 - 949 959 63 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperu@hotmail.com