

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO  
BENEDICTO XVI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“FITORREMEDIACIÓN DEL SUELO EN EL SECTOR CHOROBAL  
DEL DISTRITO DE SALAVERRY”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO INGENIERÍA AMBIENTAL**

**AUTORES:**

Br. Katherine Stefany Anticona Correa  
Br. Luz Eleida Huamán Huamán

**ASESOR:**

Mg. Ing. Janet Edith Gonzales Valdivia  
<https://orcid.org/0000-0002-4207-1320>

**LINEA DE INVESTIGACION**

Conservación y manejo de la biodiversidad

**TRUJILLO - PERÚ  
2023**

---

## FITORREMEDIACIÓN DEL SUELO EN EL SECTOR CHOROBAL DEL DISTRITO DE SALAVERRY

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

---

**20%**

INDICE DE SIMILITUD

**19%**

FUENTES DE INTERNET

**5%**

PUBLICACIONES

**7%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

### FUENTES PRIMARIAS

---

<b>1</b>	<b>www.grafiati.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>aceroparalaconstruccion.wordpress.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>www.lifeder.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Popular del César,UPC</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>alicia.concytec.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>www.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

---

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Mons. Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte**

Fundador y Gran Canciller de la UCT “Benedicto XVI”

**Dr. Luis Miranda Díaz**

Rector

**Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo**

Vicerrectora Académica

**Dr. Francisco Alejandro Espinoza Polo**

Vicerrector de investigación

**Mg. Breitner Díaz Rodríguez**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**Mons. Ricardo Exequiel Angulo Bazauri**

Gerente de Desarrollo Institucional

**Dra. Teresa Sofía Reategui Marín**

Secretario General

## **APROBACION DEL ASESOR**

Yo Mg. Janet Edith Gonzales Valdivia con DNI N° 18132163 como asesora del trabajo de investigación “Fitorremediación del suelo en el sector Chorobal del distrito de Salaverry” desarrollada por los bachilleres Anticona Correa Katherine Stefany y Huaman Huaman Luz Eleida con DNI N°76745408 y DNI N°45178266 respectivamente, egresadas de la carrera Profesional de Ingeniería Ambiental, considero que dicho trabajo de titulación 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 titulación 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. Janet Edith Gonzales Valdivia

**ASESOR**

**PAGINA DE JURADO**



---

**Mg. Ing. Jhon Benjarano Guevara**  
**Presidente**



---

**Mg. Ing. Fiorella Mildre Vilca Bermejo**  
**Secretario**



---

**Mg. Ing. Janet Edith Gonzales Valdivia**  
**Vocal**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Eres mi mentor, solidez y amor siempre están conmigo hasta el día de hoy. Dedico esta tesis a mi creador, por ser mi maestro espiritual en este largo camino, sin él no hubiera salido de mis momentos difíciles y me levanté para culminar con triunfo.

### **A mis padres Antonio y Aurea**

Dedico mi tesis a mis padres, pues sin ellos nunca lo hubiera alcanzado. Sus consagraciones a diario a lo largo de la vida me protegen y me lleva por el camino apropiado. Por eso te doy mi trabajo como dedicatoria por su paciencia y cariño, son mis luceros. Cuchita de mi corazón, me dejas un gran vacío y tu deseo era que saque mi título, desde arriba en el cielo celebrarás esta victoria.

### **A mis abuelos Lucila, Artidoro, Juanita y Juan**

Dedico con todo mi corazón a mis abuelitos, por sus palabras de motivación para no desistir y sus buenos consejos, los amo. A mí abuelo Artidoro, por tus buenas lecciones que jamás olvidaré. Te brindo este triunfo desde el fondo de mi corazón.

### **A mi novia**

Por darme su solidez e inspiración. Por creer constantemente en mí y expresarme a diario que si podía alcanzar este triunfo. Este resultado también es tuyo, te amo.

### **A mi familia**

Queridos hermanos, tíos, primos y demás familiares que fanatizaron en mí. Somos una familia que nos apoyamos. Para cada uno de ustedes también les dedico mi trabajo.

### **A mi asesora**

Por permitirme esta oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, gracias por el sustento y tolerancia. Usted me enseñó algo muy importante que es la AMISTAD, es algo que siempre me motivo a dar todo de mí.

**Katherine Stefany Anticono Correa**

Autor

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por su infinita ternura y amor que no tienen fin, por medio de algún mensaje me prometiste sonreír por el alcance de mis metas que son fruto de tu ayuda, por las pruebas que me pones para aprender de ello, ya me permiten caer en la cuenta que son para mejorar y crecer de diversas maneras. Culminar esta tesis ha significado una gran bendición en todo sentido; cada instante durante todos los años de formación académica son simplemente únicos, a tu gracia y misericordia atribuyo mi buen Dios, que cada mañana pueda comenzar de nuevo.

### **A mis padres Ernesto y María.**

Mis dos grandes luceros a quienes les debo todo lo que soy, quienes desde el primer día de vida velaron por mi bienestar, por haberme permitido desarrollarme en todos mis objetivos propuestos y ser mi apoyo incondicional en todo momento, gratitud infinita a Dios por la vida de mis padres; son los que más me aman y los que más amo en mi vida, gracias por permitirme conocer al altísimo y su infinita misericordia.

### **A mis hermanos.**

Por ser mi motor y motivo para continuar en todo lo que me proponga, por su amor incondicional que de ellos emana, porque son el punto exacto donde las palabras dejan de ser solo palabras y se convierten en actos, momentos de entrega y compromiso; pero principalmente, quiero subrayar para mi ángel del cielo “Iris Isabel”.

### **A mi asesora.**

La Ing. Janeth Edith Gonzales Valdivia por su don de persona por sus bienaventuradas huellas que deja en nosotros los estudiantes, por la calidad y exactitud con la que nos enseña, por sus indicaciones y orientaciones indispensables para llegar a la meta anhelada, “infinita y eternamente gracias”.

### **A mis hijos y a mis amados sobrinos.**

Aunque no entiendan mis palabras, pero para cuando sean capaces, quiero que sepan lo que significa para mí “ocupan el lugar más grande de mi ser”, son la fuente más pura de mi inspiración, los únicos que saben nutrir mi felicidad y encender el motor que me impulsa al éxito.

**Luz Eleida Huaman Huaman**

Autor

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, por ser el soporte y fortaleza en aquellos momentos de conflicto y debilidad, por el milagro de su bendición cotidiano ya que nos da la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que nos aman.

Gracias a nuestros padres: Antonio y Aurea; Ernesto y María, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nosotras, por las enseñanzas dadas en cada momento de la vida.

A nuestras familias, por incentivarnos a creer en nosotras mismas, y por todos los momentos importantes que compartimos en nuestras vidas.

A la UCT por brindarnos la formación correspondiente y forjarnos paso a paso a ser personas con cuyo pensamiento es salir adelante progresivamente en cada etapa de la vida.

Gracias infinitas a nuestra Asesora Mg. Ing. Janet Edith Gonzales Valdivia por habernos honrado con la oportunidad de recurrir a su conocimiento científico, por su apoyo y paciencia.

Agradecemos a nuestros profesores por habernos brindado su enseñanza que tuvimos para poder culminar esta carrera durante los 5 años de estudios universitarios, son la inspiración académica que tuvimos en este tiempo.

Agradecemos al laboratorio Lasaci/UNT por habernos brindado los análisis del respectivo estudio.

*Los autores*



## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotras, Katherine Stefany Anticona Correa con DNI 76745408 y Luz Eleida Huamán Huamán con DNI 45178266, egresadas del Programa de Estudios de ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que hemos seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería Arquitectura, para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: “FITOREMEDIACIÓN DEL SUELO EN EL SECTOR CHOROBAL DEL DISTRITO DE SALAVERRY”, el cual consta de un total de 70 páginas, en las que se incluye 12 tablas y 7 figuras, más un total de 5 páginas en anexos.

Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento, corresponde a nuestra autoría respecto a la redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos 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.

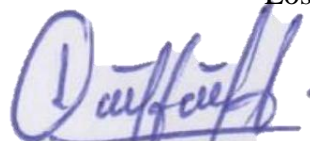
Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de 20%, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.



---

Katherine Stefany Anticona Correa

DNI: 76745408



Los autores

---

Luz Eleida Huamán Huamán

DNI: 4517826

## INDICE

### GENERALIDADES

#### CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación del problema .....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.3. Formulación de objetivos.....	17
1.3.1. Objetivo general .....	17
1.3.2. Objetivos específicos .....	17
1.4. Justificación de la investigación .....	18

#### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación .....	20
2.2. Bases teóricas científicas .....	28
2.2.1. Mecanismos de fitorremediación .....	28
2.2.2. Suelo .....	30
2.2.3. Carbón.....	31
2.2.4. Características del carbón .....	32
2.2.5 Tipos de carbón.....	32
2.2.6. Causas de la contaminación por carbón.....	34
2.2.7. Consecuencias de la contaminación por carbón .....	34
2.3. Definiciones de términos básicos .....	35
2.4. Formulación de hipótesis .....	36
2.4.1. Hipótesis general.....	36
2.5. Operacionalización de variables .....	36

#### CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación.....	38
3.2. Método de investigación .....	39
3.3. Diseño de investigación .....	39
3.4. Población, muestra y muestreo .....	40
3.5. Técnicas e instrumentos de recojo de datos .....	40
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos (Diagrama de flujo) .....	41

3.7. Ética investigativa.....	42
-------------------------------	----

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

4.1. Para responder al objetivo 1 “Determinar el nivel de contaminación del suelo en el sector Chorobal de Salaverry, mediante un monitoreo” .....	43
4.2. Respondiendo al objetivo 2 “Evaluar la fitorremediación del suelo contaminado en el sector Chorobal de Salaverry, probando especies vegetales”.....	47
4.2.1. Evaluación fenológica del T <sub>2</sub> <i>Portulaca</i> sp .....	49
4.2.1.1. Germinación.....	49
4.2.1.2. Altura .....	50
4.2.1.3. Diámetro.....	51
4.2.1.4. Peso fresco .....	52
4.3. Respondiendo al objetivo 3 “Determinar el % de reducción de los contaminantes del suelo del sector Chorobal mediante una fitorremediación.....	53
4.3.1. Determinación de concentración de los elementos químicos por espectroscopia de absorción atómica, y corroboración de la fitorremediación de acuerdo a los ECA.....	54
4.4. Prueba de hipótesis (si corresponde).....	57
4.5. Discusión de resultados .....	58

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS**

5.1. Conclusiones.....	60
5.2. Sugerencias .....	61

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

### **ANEXOS**

Anexo 5: Matriz de consistencia.....	69
--------------------------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Diagrama de flujo de técnicas de procedimiento y análisis .....	41
Figura N° 2: Altura de los tratamientos y testigos de la <i>Portulaca sp</i> .....	44
Figura N° 3: Diámetro del tratamiento y testigo de la <i>Portulaca sp</i> .....	46
Figura N° 4: Peso fresco de los tratamientos y testigos de la <i>Portulaca sp</i> .....	52
Figura N°5: Concentración de los metales pesados en hojas y tallo del T <sub>2</sub> <i>Portulaca sp</i> .....	54
Figura N° 6: Resultados de los análisis al suelo contaminado .....	56
Figura N° 7: Germinacion % - periodo de tres meses .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Operacionalización de variables .....	37
Tabla N° 2: Tratamientos en estudio.....	39
Tabla N° 3: Técnicas e instrumentos de recojo de datos .....	40
Tabla N° 4: Resultados de los análisis hechos a las muestras de suelo .....	45
Tabla N° 5: Evaluación fenológica de las especies.....	45
Tabla N° 6: Germinación del T <sub>2</sub> <i>Portulaca</i> sp .....	46
Tabla N° 7: Resultados de los análisis hechos a las muestras de suelo.....	47
Tabla N° 8: Determinación de concentración de los elementos químicos por espectroscopia de absorción atómica, y corroboración de la fitorremediación de acuerdo a los ECA .....	48
Tabla N° 9: Resultados de las medidas del monitoreo y la remediación.....	49
Tabla N° 10: Comprobación de la remediación .....	53
Tabla N° 11: Correlación de Pearson para verificar la influencia.....	55
Tabla N° 12: Tipos de correlación Pearson.....	57

## RESUMEN

Se determinó la influencia de la fitorremediación en el suelo contaminado en el sector Chorobal del distrito Salaverry. Se realizó un monitoreo de los metales pesados y se decidió realizar la fitorremediación *ex situ*. Se usó cuatro especies vegetales distribuidas en tratamientos, T1: Diente de León (*Taraxacum officinale*), T2: Verdolaga (*Portulaca* sp.), T3: Maíz (*Zea mays*), T4: Acacia (*Delonix regia*); cada una con sus respectivos testigos. La especie vegetal más resistente fue la *Portulaca*, llegando a un porcentaje de germinación de 75%, convirtiéndose así en la especie que mejor se adaptó al suelo con carbón. Los tratamientos T<sub>1</sub> (*Taraxacum officinale*) T<sub>3</sub> (*Zea mays*) y T<sub>4</sub> (*Delonix regia*) no dieron los resultados esperados desde el momento de la germinación por lo cual se decidió estudiar solamente a la especie de la *Portulaca* sp. Los resultados del monitoreo inicial del suelo mostraron contener Ar: 89 mg/kg, Cr: 49 mg/kg, Cd: 17 mg/kg y Pb: 119 mg/kg; después de haber aplicado la fitorremediación por 90 días, el suelo presentó Pb: 88,8 mg/kg, Ar: 64,32 mg/kg, Cr: 31,65 mg/kg y Cd: 8,21 mg/kg.

El porcentaje de reducción de los contaminantes fue de: Pb: 74,6%; Cr: 64,6%; Ar: 72,3%; Cd: 48,3%; usando el T<sub>2</sub> *Portulaca* sp con un total de 90% bajo el mecanismo de Fitoextracción; así pues en el tallo de la planta se encontró: Ar: 14,23 mg/kg; Cr: 8,23 mg/kg; Pb: 2,8 mg/kg y Cd: 1,58 mg/kg. En las hojas: Pb: 9,31 mg/kg, Ar: 4,22 mg/kg, Cr: 2,02 mg/kg y Cd: 0,58 mg/kg. Concluimos que la especie vegetal es una fitorremediadora para un suelo contaminado.

**Palabras clave:** Fitorremediación, Muestra, MINAM.

## ABSTRACT

The influence of phytoremediation on contaminated soil in the Chorobal sector of the Salaverry district was determined. Heavy metals were monitored and it was decided to carry out ex situ phytoremediation. Four plant species distributed in treatments were used, T1: Dandelion (*Taraxacum officinale*), T2: Purslane (*Portulaca* sp.), T3: Corn (*Zea mays*), T4: Acacia (*Delonix regia*); each with their respective witnesses. The most resistant plant species was the *Portulaca*, reaching a germination percentage of 75%, thus becoming the species that best adapted to soil with charcoal. The treatments T1 (*Taraxacum officinale*) T3 (*Zea mays*) and T4 (*Delonix regia*) did not give the expected results from the moment of germination, for which it was decided to study only the *Portulaca* sp. The results of the initial monitoring of the soil showed that it contained Ar: 89 mg/kg, Cr: 49 mg/kg, Cd: 17 mg/kg and Pb: 119 mg/kg; After applying phytoremediation for 90 days, the soil presented Pb: 88.8 mg/kg, Ar: 64.32 mg/kg, Cr: 31.65 mg/kg and Cd: 8.21 mg/kg.

The percentage of reduction of pollutants: Pb: 74.6%, Cr: 64.6%, Ar: 72.3% and Cd: 48.3%; under the mechanism of Phyto extraction. On the stem of the plant: Ar: 14.23 mg/kg; Cr: 8.23 mg/kg; Pb: 2.8 mg/kg and Cd: 1.58 mg/kg. In the leaves: Pb: 9.31 mg/kg, Ar: 4.22 mg/kg, Cr: 2.02 mg/kg and Cd: 0.58 mg/kg. We conclude that the plant species is a phytoremediator for contaminated soil.

**Keywords:** Phytoremediation, Sample, MINAM.

## **CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La extracción y utilización del carbón tuvo sus inicios a finales del siglo XVIII en dos grandes avances tecnológicos del momento como es la industria textil y la máquina de vapor de James Watt (patentada en 1769) además de distintas producciones, convirtiéndose así en el paso definitivo para el éxito de esta revolución; en el cual aumentó la capacidad de la producción en las distintas actividades; contemporáneamente se fabricó barcos y ferrocarriles a vapor, hechos que supusieron un progreso tecnológico sin precedentes (León, 2017).

Hoy en día uno de los problemas más relevantes y con mayor trascendencia a nivel mundial es la profanación de superficies por metales pesados (MP) este hecho genera impactos negativos, nebulosas ambientales y riesgos en la salud humana. El problema de la profanación por metales pesados escala con el incremento de la industrialización en consecuencia altera los ciclos biogeoquímicos naturales. Estas síntesis se almacenan en sus texturas en organismos vivos (bioacumulación) y sus congregaciones crecen a medida que pasan de los niveles tróficos inferiores a superiores (biomagnificación).

(Mendoza, 2014) El Perú es un país de minería por excelencia y la realización de estas actividades, genera impactos en el ambiente que afectan a la flora, fauna, suelo, aspectos socioeconómicos, etc. Tal es el caso de las minas de Cascas, Otuzco y otras originarias de la sierra de La Libertad que extraen el carbón antracita su composición: 87.1% carbono, 9.3 % cenizas y 3.6% material volátil, el cual es procesado y transportado hacia el Terminal portuario de Salaverry, en el sector Chorobal; para que finalmente ser exportado y/o comercializado a otros puntos a nivel nacional. Dicho recorrido supone un impacto sobre las locaciones en que este es transportado, procesado, almacenado y embarcado.



Las plantas industriales dedicadas al procesamiento, clasificación y almacenamiento del carbón antracita; realizan operaciones durante todo el año, dentro de las cuales cuentan con movimientos importantes 3 a 4 veces al año, dependiendo de la demanda del mercado (Salaverry, 2019).

Para cumplir los estándares que demanda el mercado, el carbón es analizado para conocer la ley de riqueza, el poder calorífico, el porcentaje de humedad, granulometría etc. Cuando el carbón no cumple con las características deseadas se realiza un proceso de mezcla de distintas clases de carbón; durante este proceso la fábrica debe contar con una cubierta protectora.

Al alcanzar los estándares exigidos por el mercado, el carbón antracita es transportado en vehículos tolvas hacia dos puntos específicos, establecimientos dedicados al almacenamiento y posterior venta; y el Terminal Portuario Salaverry, donde las tolvas son ubicadas dentro de contenedores de diferentes capacidades que varía entre 10 mil a 30 mil toneladas para ser exportadas.

La principal procesadora de carbón en Salaverry se encuentra localizado en la autopista Salaverry km 2,5 Lote 3-B Sector Chorobal, quien, a lo largo de su ruta de transporte, antes de llegar a la avenida principal, Panamericana Norte, la empresa aplica agua para evitar el levantamiento de material particulado. Sin embargo, esta práctica agrava la situación; ya que una vez seco el suelo, el carbón impregnado es suspendido y transportado por acción del viento, contaminando las locaciones aledañas, pobladores, destrucción de la flora y fauna de los totorales del lado izquierdo en el que se encuentra ubicado la mencionada planta procesadora.

Entre sus consecuencias de esta problemática, tenemos: mala imagen al Distrito de Salaverry; destrucción de la flora y fauna de los totorales, afectación la capa superior de la superficie, denuncias por parte de los pobladores y afectaciones a su salud (enfermedades cardíacas, crónicas del aparato respiratorio, etc.); además, concluyo que se está afectando al suelo y ante ello tenemos: disminución de los nutrientes de la superficie, destrucción en las arboledas

sensibles y cultivos, efectos adversos sobre la variedad de los hábitats y el subsidio a los efectos de la lluvia ácida.

Con todo lo mencionado anteriormente, es necesario proponer alternativas viables amigables al medioambiente, en el cual debemos recalcar que son tecnologías de bajo costo y van dirigidas a la mejora funcional y recuperación de suelos afectados, no debemos olvidar para mitigar la contaminación que puede estar generando este procesamiento, transporte y comercialización del carbón mineral en el distrito de Salaverry que es un problema primordialmente al ambiente y a los pobladores, por tal motivo esta tesis tiene como finalidad proponer a la fitorremediación. Nuestro trabajo de investigación experimentará con diferentes especies vegetales ya que son tecnologías sostenibles y van dirigidas a la mejora funcional y recuperación de suelos afectados en el Sector Chorobal.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

- ✓ ¿En qué medida influye la fitorremediación del suelo contaminado en el sector Chorobal del distrito de Salaverry?

## **1.3 Formulación de objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la fitorremediación en el suelo contaminado en el sector Chorobal del distrito Salaverry.

### **1.3.2. Objetivo específico**

- ✓ Determinar el nivel de contaminación del suelo en el sector Chorobal de Salaverry, mediante un monitoreo.
- ✓ Evaluar la fitorremediación del suelo contaminado en el sector Chorobal de Salaverry, probando especies vegetales tales como: T1: *Taraxacum officinale*, T2: *Portulaca* sp., T3: *Zea mays*, T4: *Delonix regia*.
- ✓ Determinar el % de reducción de los contaminantes del suelo del sector Chorobal mediante la fitorremediación.

#### **1.4. Justificación de la investigación**

En el artículo IX, título preliminar, derechos y principios, del iniciación de compromiso ambiental indica que: “el responsable del deterioro del ambiente y de sus elementos que lo constituyen, sea persona natural o jurídica, está ineludiblemente forzado a adoptar inexcusables medidas para restaurar, rehabilitar o reparar según proceda o, anteriormente se menciona en que no fuera posible, a remediar en términos ambientales los deterioros ocasionados, sin avería en otros compromisos administrativas, civiles o penales se pudiera derivarse (Ley general del ambiente LEY N° 28611, 2005).

Teniendo en cuenta la propuesta de la presente tesis “Fitorremediación del suelo en el sector Chorobal del distrito de Salaverry”, tiene como base dar respuesta al deterioro ambiental y la afectación sobre la salud de las personas, corroborando que aún no se ha desarrollado investigaciones tecnológicas aplicativas que se puedan implementar y mitigar los daños generados.

En efecto, siguiendo con las características que presentan algunas plantas y las sugerencias de artículos científicos; la fitorremediación utiliza la capacidad de ciertas plantas para embelesar, reservar, metabolizar, evaporar o estabilizar edificadores presentes en el aura, agua, y principalmente en superficie.

Abordando el tema, también encontramos mecanismos de fitorremediación que se convierten en Fito tecnologías con numerosas ventajas; las cuales se relacionan con los métodos fisicoquímicos utilizados actualmente teniendo en cuenta su amplia aplicabilidad y bajo costo” (Delgadillo et al., 2011).

Siguiendo con la temática de las Fitotecnologías para remediar suelos contaminados es necesario contar con una ciencia de rápido acceso, económico y alto rendimiento. Y para responder a dicha problemática se justifica que a causa de la destrucción ambiental y como objetivo de mitigar estos daños; resulta viable recurrir a una alternativa benéfica y viable de emplear.

En lo social, la disminución del levantamiento de polvo bajará, debido a que el suelo Fito remediado, presenta una cubierta verde, de la misma forma contribuye

a mejorar la estética del paisaje, conservación del medio ambiente en todas sus dimensiones, disminución de la profanación, ya que las especies vegetales actúan como un filtro para el aura, reduce extensamente la contaminación por partículas, de esta forma contribuyen a la reducción de los elementos tóxicos en la atmósfera, el control de los grados del CO<sub>2</sub> expresados por el uso de inflamables fósiles, mejora el clima urbano: comprimen el calentamiento atmosférico y impregnan el ambiente urbano creando así una temperatura más agradable y mejorando la eficacia de vida.

En lo económico; son tecnologías de bajo costo y van dirigidas a la mejora funcional y recuperación de suelos, quienes mencionan que estas prácticas protegen contra la emisión ultravioleta, el pedrisco, el calor y el impasible, son superficies de libre utilización (Ardila y Sepúlveda, 2009).

En lo ambiental, la fitorremediación da soluciones técnicas y sostenibles, es una de las mejores alternativas factible y viable al alcance de todos y se caracteriza por la utilización de las plantas las cuales tienen una serie de propiedades que se ajustan entre sí para dar soluciones a dichas problemáticas; tal es el caso de la retención de aguas: su retención se da hasta el 90% del agua de lluvia una gran parte de esta es devuelta a la atmósfera, en el cual se fluye en los sistemas de desagüe, en cambio, protegen del ruido se reduce la sonora hasta 3 dB y son competentes de corregir la insonorización hasta 8 dB; además brindan espacio vital adicional las veladas verdes remedian las zonas verdes perdidas a causa de la urbanización; primordialmente con su cuidado adecuado y mantenimiento, ya que fomentan la biodiversidad (Ardila y Sepúlveda, 2009).

Finalmente se puede decir que nuestro que hacer investigativo busca contribuir con un grano de arena para personas que deseen continuar con este tipo de investigaciones y principalmente para aquellos que aguardan celosos la destrucción de nuestro medio ambiente; a la vez mencionar que la destrucción ambiental actualmente nos afecta y establece a todos.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Fahimeh et al., (2021). En su quehacer investigativo de “Bioaumentación: fitorremediación asistida de suelos contaminados con metales pesados por un efecto sinérgico de inoculación de cianobacterias, biocarbón y verdolaga (*Portulaca oleracea L.*)”. Evaluaron la bioaumentación de *Oscillatoria sp.* y fitorremediación con la especie vegetal *Portulaca oleracea L.*, adicionalmente añadieron biocarbón con varias cantidades y enmiendas; a un suelo contaminado con los siguientes metales pesados Cr (III), Cr (VI), Fe, Al y Zn, con la práctica de la fitorremediación estos metales disminuyeron, el mayor contenido de reducción lo obtuvo Cr (VI) con un porcentaje de 87% aplicando la técnica bioaumentación; en cambio con la fitorremediación se redujo a un 90% mediante el mecanismo de fitoextracción de la planta. Estos resultados sugieren que la verdolaga puede considerarse un excelente agente fitoextractor para suelos conminados con metales pesados.

Hossen, (2021). Llevo a cabo un estudio, en una mina de carbón Barapukuria-Bangladesh que al realizan sus operaciones vierte aguas contaminadas que al ser desplazadas van contaminando a su paso a cultivos de arroz el suelo; el objetivo de este estudio fue evaluar los riesgos para la salud humana al consumir arroz cultivado en esta zona, se evaluó diferentes factores como: factor de enriquecimiento (EF), el índice de carga de contaminación (PLI), índice de geo acumulación (Igeo) y el factor de acumulación biológica (BAF) para cuantificar el estado de contaminación en superficies y vegetales. Los prototipos recolectados se prepararon y analizaron utilizando los métodos recomendados por la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos). Encontrando los siguientes resultados: solo en el suelo irrigado por el agua de las minas de carbón los metales más altos son: Ni, Fe y Cr, y en el grano de arroz la cantidad más alta es Fe y la más baja es Cr. Encontrándose mayor cantidad en el suelo seguido de las raíces, tallos y granos; A través del grano de arroz, la gente de la zona está ingiriendo Fe en las cantidades más altas y Cr con las más bajas. Aunque la concentración de Cr es baja, todavía está por encima del nivel de ingesta oral recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados

Unidos (USEPA).

Cortes et al., (2019). En su estudio de “Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional?”. En su investigación mencionó las centrales termoeléctricas (CTE) simbolizan un peligro para la redención en las colectividades mostradas en lugares donde se desarrollan actividades con carbón cuyo objetivo fue realizar un estudio valiéndose de artículos científicos para medir las consecuencias en la salud infantil coherentes a representación de biomarcadores de exhibición y efecto. Los resultados fueron: perjuicios perinatales, neuroconductuales y disnea, cabe mencionar estas emisiones de CTE durante en el embarazo se relaciona con niños que nacen con: bajo peso, talla, diámetro de circunferencia del cráneo, prematuridad, menor coeficiente de desarrollo, menor coeficiente intelectual y autismo este último aunado con plantas procesadoras de cemento que funcionan con mercurio.

Meza Ramírez.et al., (2021). En esta investigación evaluó el proceso de fitorremediación en condiciones de laboratorio a un suelo contaminado en Puchuncaví – Chile. El estudio se basó en analizar el potencial fitorremediador de *Sarcoconia neei* cuyas especies fueron recogidas de un humedal “El Yali”. Se realizaron estudios de fertilidad del suelo y en que concentración se encontraban los metales pesados en el mencionado lugar, sin dejar de lado los protocolos que la norma indica. El objetivo del estudio fue analizar el tejido de las plantas y el suelo para identificar los cambios en las diferentes condiciones en las que viven las plantas; cuyos análisis indican una alta concentración de metales pesados como el Pb 77,97 mg/kg con un suelo ácido indicado por pH de 5,55 y 6,38, bajos niveles de conductividad eléctrica y presencia de materia orgánica.

Jara-Peña et a., (2020). Se determinó en evaluar la acumulación y absorción en: Cr, Zn, Cu, Ni y Pb con *Sagittaria montevidensis* que crece en suelos ribereños altamente contaminados de la Cuenca Matanza Riachuelo (MRB); esta especie es una planta ribereña autóctona y muy abundante expuesta a la contaminación por metales pesados. Se recolectaron muestras de *S. montevidensis*, suelo

ribereño de la rizosfera y agua en tres sitios en la cuenca inferior del MR. Donde se determinó la acumulación y el nivel de translocación de Cr, Zn, Cu, Ni y Pb en esta especie. Se encontró que los suelos eran los principales reservorios de metales (2225 mg Cr kg<sup>-1</sup> dw, 367 mg Cu kg<sup>-1</sup> dw, 61 mg Ni kg<sup>-1</sup> dw, 239 mg Pb kg<sup>-1</sup> dw y 1495 mg Zn kg<sup>-1</sup> dw). Todos los metales estudiados fueron captados, pero Zn y Cu fueron los metales más acumulados (426 ± 28 mg kg<sup>-1</sup> dw y 129 ± 28 mg kg<sup>-1</sup> dw, respectivamente). *S. montevidensis* fue una especie acumuladora de Cu y Ni. El resto de metales analizados se acumularon principalmente en las raíces.

Amir et al., (2020). El presente estudio investigó los efectos del plomo (Pb) y el mercurio (Hg) en la fisiología y bioquímica de la absorción de *Typha latifolia*, con y sin enmienda de ácido cítrico (CA). Las plántulas uniformes de *T. latifolia* se trataron con varias concentraciones en el cultivo hidropónico como: Pb y Hg (1, 2,5, 5 mM) cada uno solo y / o con CA (5 mM). Después de cuatro semanas de tratamiento, los resultados revelaron que el Pb y el Hg redujeron significativamente los rasgos agronómicos de la planta en comparación con las plantas no tratadas. La adición de CA mejoró la fisiología de la planta y mejoró las actividades de las enzimas antioxidantes para superar el daño oxidativo inducido por Pb y Hg y la fuga de electrolitos. los resultados mostraron que la absorción y acumulación de Pb y Hg por *T. latifolia* dependía de la dosis, mientras que la adición de CA aumentó aún más la concentración y acumulación de Pb y Hg hasta en un 22 y 35% de Pb y un 72 y 40% de Hg en las raíces. 25 y 26% de Pb y 85 y 60% de Hg en los tallos y 22 y 15 de Pb y 100 y 58% de Hg en las hojas, respectivamente, en comparación con las plantas tratadas solo con Pb y Hg. Por otro lado, el factor de translocación raíz-brote fue  $\geq 1$  y el factor de bioconcentración también fue  $\geq 2$  para Pb y Hg. Los resultados también revelaron que *T. latifolia* mostró una mayor tolerancia hacia el Hg y acumuló una mayor cantidad de Hg en todas las partes en comparación con el Pb.

Yadegari, (2018). El presente estudio investigo “Rendimiento de la verdolaga (*Portulaca oleracea*) en suelos contaminados con níquel y cadmio como cultivo de eliminación de metales pesados”. El objetivo de este estudio fue investigar la

capacidad de eliminación de metales pesados de la verdolaga mediante el estudio de diferentes criterios de estrés y el seguimiento de su eliminación de níquel y cadmio desde la germinación hasta la cosecha. Cabe mencionar, que los experimentos fueron hechos en condiciones al aire libre. Las comparaciones del peso medio seco del brote y la raíz y el porcentaje de extracción mostraron que el nivel más alto pertenecía a las plantas de control, mientras que el nivel más bajo se observó en las plantas bajo tratamiento combinado de níquel (120 mg / kg) y cadmio (40 mg / kg) y el tratamiento único de cadmio (40 mg / kg). Tal vez los metales pesados por su efecto sobre la materia seca y fresca hicieron una influencia negativa en la extracción. Además, las propiedades tóxicas del cadmio eran más que el níquel y disminuyeron la mayoría de las características medidas.

Buelvas y Rodriguez, (2017). En este estudio de la capacidad fitorremediadora de la *Acacia mangium* en un suelo contaminados con mercurio se evaluó experimentalmente la extracción del mercurio por la vegetal en sus diferentes estados nutritivos ( durante 2 y 4 meses) en diferentes mítines 1 µg/g; 2,5 µg/g; y 5 µg/g. llegando a obtener los resultados variados pero con mayor efectividad de extracción en los primeros dos meses de la vida del vegetal, cabe subrayar que la planta no presento efectos fisiológicos ya sea clorosis o necrosis.

Noguez Inesta et al., (2017). En este estudio los autores usaron leguminosas (*Fabaceae*) para la fitorremediación”. Indica establecer vegetales en zonas contaminadas ya que es difícil dado las particularidades químicas que presenta y que restringen el libre desarrollo de estas especies, entre ellos: valores extremos de pH, salinidad, concentración alta de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) y el escaso contenido de nutrientes. Sin embargo, la utilización de leguminosas (*Fabaceae*) remedia además tiene un gran beneficio ya que éstas tienen una capacidad primordial en fijar nitrógeno aéreo y depender menos de la fertilización en satisfacer su intimación nutricional.

Delgadillo-López et al., (2011). “Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación”. Se trata de aprovechar las ventajas que tienen ciertas plantas; denominados mecanismos de fitorremediación (absorber, acumular, metabolizar,



volatizar o consolidar) para disminuir o eliminar los edificadores presentes en el superficie, aura, manga o sedimentos. Estas Fito tecnologías brindan numerosas mejorías con relación a los conocimientos fisicoquímicos que se emplean en la actualidad ejemplo, su extensa aplicabilidad y bajo costo para restituir superficies y efluentes contaminados; sin dejar de lado, el permisible uso de vegetales transgénicas.

Tiwari et al., (2008). El presente estudio de “Eficiencia de la fitorremediación *Portulaca tuberosa* y *Portulaca oleracea* L. El autor pretende demostrar las características principales de la fitorremediación con vegetales ya que crecen naturalmente en zonas de regadío con efluentes industriales; es una tecnología novedosa, impulsada por energía solar y eficaz para la remediación de ambientes contaminados con metales pesados a través de la explotación de la capacidad de los vegetales para acumular estos contaminantes en sus partes cosechables. En este estudio se recolecto plantas de dos especies de portulaca (*P. tuberosa* y *P. oleracea*) de espacios de campos en Vadogra Gujrat, India. El lugar estaba siendo irrigado con efluentes industriales, mientras que en otro con agua de pozo tubular. Los estudios de metales pesados se realizaron en efluentes industriales, agua de pozo tubular, suelos regados con ellos, y en diferentes partes de las plantas como: raíces, tallos, hojas y flores. En efluente industrial y el suelo regado con él se encontró una alta concentración de elementos químicos (Fe, Zn, Cd, Cr y As) en comparación con el agua del pozo y el suelo irrigado con esta agua. Los vegetales de ambas especies que crecieron en tierras irrigadas con efluentes mostraron una alta acumulación de metales en todas las partes del vegetal, siendo la máxima en las raíces y la menor en las flores. Sorpresivamente. Ambas especies de portulaca hiperacumulaban varios metales pesados (Cd, Cr y As). Y La concentración total en brotes para la *P. tuberosa* fue de ( $\mu\text{g g}^{-1}$  dw) Cd 1.571; Cr 7.957 y As 3.118, mientras que en *P. oleracea*, fue de 1.128, 7.552 y 2.476, respectivamente. Las plantas de Portulaca tienen buena biomasa y su nivel de regeneración es alto; dando como indicador, que es una especie adecuada para la remediación de espacios contaminados con efluentes.

Fahimeh Zanganeh, (2021) carboníferas es una tema que se ha venido debatiendo y/o estudiando desde épocas antañas, en donde numerosos estudios e investigaciones realizadas de orden internacional, nacional y local tocan la problemática social de la contaminación ambiental desde diferentes puntos de vista en la salud, lo normativo y lo económico; de esta manera se encontró numerosa documentación en las áreas de las ciencias sociales, humanas y ambientales, de los cuales abordaron algunos autores con el propósito de fortalecer el objeto de ésta investigación; aunque hay que aclarar que los estudios realizados a nivel local sobre la contaminación ambiental por carboneras son muy escasos. En las últimas décadas, la contaminación de áreas y suelos con metales pesados se ha convertido en una crisis ambiental debido a su estabilidad a largo plazo y efectos biológicos adversos.

Cortes et al., (2016) “Peligros sociales de los pueblos del sector de la immaculada, relacionados con la presencia de sustancias peligrosas emanados por la operación de la carbonera Trenaco”, Colombia.

Este estudio se dio en Buenaventura, ciudad que se encontraba en una profanación ambiental suscitado por numerosos sectores como el productivo, portuario, custodio e industrial; era una situación inquietante a nivel local y entre sus consecuencias esta la salud de las personas quienes permanecen en peligro; además, de la mala estética de la ciudad. Y una forma de señalar estos desaciertos durante manifestaciones de las poblaciones en el cual se expresan su desacuerdo hacia la carbonera Trenaco.

Gómez-Rojas et al., (2016) el presente estudio “Presencia de elementos contaminantes como Cd, As, Pb, Se y Hg en carbones de la zona Cundiboyacense, Colombia”, En este estudio, fueron evaluados los carbones de una zona contaminada, para establecer el aspecto y medir los táctos de elementos edificadores como: cadmio (Cd), arsénico (As), plomo (Pb), selenio (Se) y mercurio (Hg), y luego ser concertados con los índices de Clarke. Los resultados revelan que las muestras ensayadas presentan contenidos promedio de metales como Pb (15,5 mg/kg-1), Se (16,5 mg/kg -1), Cd (0,55 mg/kg-1) y As (16,05 mg/kg-1) por arriba del promedio general y sus concentraciones están elevados a

los carbones de la zona norte carbonífera de Colombia, el contenido de Hg es bajo ( $< 0,08 \text{ mg/kg-1}$ ).

González y Salas Sandoval, (2012). Realizaron una investigación titulada “Contaminación ambiental del aire en Buenos Aires Argentina”. Se identificó la dimensión de los importantes agentes contaminantes, exclusivamente la contaminación del aura procedente de las actividades del carbón mineral de las industrias en su respectiva área, se trata de un estudio de tipo cualitativo que estudia a profundidad los problemas medio ambientales en Argentina, continuando con la selección de información para analizar las causas, efectos y medidas a la problemática medioambiental. El resultado detallado en este estudio, fue que Buenos Aires no tiene un diagnóstico sobre la calidad ambiental del aura se realizó un control sistemático y en inventario riguroso de orígenes de emisiones de carbono.

Chávez Cuadros, (2000) el presente estudio “Factores que intervienen en la generación de drenaje ácido en la minería del carbón y mitigación del impacto ambiental. Mina Las Peñitas Colombia”. Actualmente en el aspecto ambiental son causadas por el uso de recursos naturales, primordialmente en depósitos minerales. La extracción de minerales perjudican el agua del subsuelo y superficial. Se determinó en desarrollar fundamentos teóricos del drenaje ácido de mina y del proceso de neutralización; se empezó con un muestreo agua de mina y del río Mongui, se diseñó y cálculo de costos de la planta de neutralización. Se concluyó el modelo de predicción planteado y el método de neutralización desarrollado no solamente sirve para enmendar el inconveniente a nivel local, sino que también se puede extrapolar a otras regiones carboníferas del país.

## 2.2.Bases teórico científico

### 2.2.1: Mecanismos de fitorremediación

#### **Fitorremediación**

La expresión hace informe a una variada gama de ciencias aplicadas que se establece usar los vegetales en purificar o restituir situaciones contaminados, matices, superficies, e incluso aura. Se inició la denominación en 1991 compuesto por dos léxicos, Fito, proviene del gr. significa vegetal, y remediar (lat. remediare), representa poner corrección al daño, corregir o rectificar algo. Fitorremediación es corregir un deterioro valiéndose de vegetales. En otras palabras, la fitorremediación se define como una ciencia aplicada sostenible que se apoya por usar vegetales para comprimir in situ o ex situ la congregación de contaminantes orgánicos e inorgánicos de superficies, sedimentos, manga, y aura, a partir de métodos bioquímicos ejecutados por los vegetales y microorganismos asociados a su sistema radicular llegando a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos tipos de contaminantes (López y Vong, 2004).

En otro apartado menciona que es una eco técnica, fundamentada en las características de ciertas vegetales para aguantar, atraer, almacenar y mancillar compuestos peligrosos orgánicos e inorgánicos de las superficies, sedimentaciones, humedades y aura partiendo de métodos bioquímicos realizados por los vegetales y sus microorganismos que asociados llevan a la deflación, mineralización, degradación, estabilización y/o volatilización de dichos edificadores.

**Fitoextracción o Fitoacumulación.** Es una estrategia que radica en la atracción por medio de las rizomas a los contaminantes y su posterior reserva en las partes cosechables de las plantas. Funciona primordialmente con metales pesados y otros síntesis tóxicos o radioactivos, pero también con algunos contaminantes orgánicos (López y Vong, 2004).

**Rizofiltración:** Técnica que se aplica en la descontaminación de agua subterránea ya que las partes radicales de las plantas cumplen un rol importante para adsorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados. Es una estrategia de acumulación que consiste en destilar agua a través de una multitud de rizomas de vegetales labradas hidropónicamente de manera que los contaminantes diluidos se adsorben o se absorben y acumulan (López y Vong, 2004).

**Fitoestimulación:** Se utilizan los exudados de las raíces de los vegetales para suscitar el crecimiento de los microorganismos degradativos (microorganismos y hongos). También llamada rizodegradación, biodegradación en la rizosfera o biorremediación asistida por vegetales (López y Vong, 2004).

**Fitoestabilización o Fitoimmobilización:** Técnica que se hace inercia de vegetales para inmovilizar o reducir la biodisponibilidad de los contaminadores mediante filtración y acopio en las rizomas, por adsorción sobre las mismas o por formación de compuestos insolubles en la rizosfera. En esta técnica no descontamina en el sentido estricto el contaminante continúa en la superficie o rizomas (López y Vong, 2004).

**Fitodegradación:** También se denomina fitotransformación, consiste en convertir la química de los contaminadores a través de cambios metabólicos céntricos o exterior que llevan a su degradación última o parcial, su paralización y/o inactivación. Está disponible principalmente sobre contaminadores orgánicos y xenobióticos: hidrocarburos, PAH (polihidroxialcanos), plaguicidas, tensioactivos, compuestos clorados (López y Vong, 2004).

**Fitovolatilización:** Los vegetales captan y transforman metales pesados o mezclas orgánicas en superficie o de la planta y los liberan a la atmósfera mediante la transpiración. Según literatura funciona con contaminadores orgánicos y también inorgánicos (Se, As, Hg) (López y Vong, 2004).

### **2.2.3: Suelo**

Burda no consolidado compuesto por átomos inorgánicas, elemento orgánico, manga, aura y gremios, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad (MINAM, 2014).

#### **Suelo contaminado**

La profanación en las superficies especialmente por la reserva en los metales pesados, que pequeñas cantidades son provechosos y valen como nutrientes de la superficie, los metales pesados se hallan principalmente en minería y en las técnicas de combustión e incineración de refinerías. Cuando el detrimento de las áreas sobrepasa el límite de tolerancia del mismo, éste se sobresatura, deteriorándose y perdiendo su capacidad de auto regenerarse y sus propiedades, las cuales directa o indirectamente consienten la supervivencia de la vegetación y animal en los seres humanos debido a la biomagnificación (Eweiss, 1999).

#### **Suelo contaminado por carbón**

Son características físicas, químicas o biológicas han sido modificadas negativamente por la representación de elementos de carácter peligroso de origen humano, finalmente es un riesgo para la salud humana o el medio ambiente, con acordes a criterios y estándares que se establezcan por el Gobierno (Fdez-Canteli, 2007).

### **2.2.3: Carbón**

Es un combustible fósil, con un resultado de una sucesión de transformaciones sobre residuos vegetaciones y plantas amontonadas en sitios pantanosos, lagunas y deltas fluviales, primordialmente en el período carbonífero de la Era primaria. Con diferentes cambios químicos, diferenciaciones de presión y temperatura a lo largo de grandes espacios de tiempo estos vegetales se transforman en carbón en un proceso llamado carbonización. Estas alteraciones dan lugar a la transformación de madera

en carbón son de dos tipos: químicos y estructurales. El primero va despegando hidrógeno y oxígeno a medida que la cadencia de carbono aumenta. En algunos casos (como en la antracita) llega a constituir casi la totalidad del producto resultante (Española F., 2010).

#### 2.2.4: Característica del carbón

Este mineral su medida es a través del rango “pureza” tiene una interpretación en los mayores rango sus concentraciones son elevadas por unidad de volumen, donde la antracita se encuentra en primer lugar. Los bituminosos bajos en volátiles se encuentra ubicado en segundo lugar a la hulla por su capacidad calórica con 30 MJ / Kg, estos carbones reflejan muy atractivas para las aplicaciones metalúrgicas.

#### 2.2.5: Tipos de carbón

- ✓ **Turba:** Material orgánico que se caracteriza por su coloración amarillento, pardo o negro. Es combustible de baja calidad y con poco efecto calórico (Rey, 2021).
- ✓ **Lignito:** Su particularidad de este carbón es que tiene una mayor riqueza en carbono, pero con gran presencia de agua, convirtiéndolo en un combustible de baja calidad (Rey, 2021).
- ✓ **Hulla:** Tiene una alta presencia de carbono y consecutivamente es un mineral de mayor combustión. El carbono presente en la hulla es de 75% a 90%. El resto de elementos son de un 20%, con gran presencia de azufre. Se usó mucho en la industria siderúrgica, pero fue progresivamente reemplazado por el petróleo y el gas natural. Se usa actualmente en algunas centrales térmicas (Rey, 2021).
- ✓ **Antracita:** Un carbón rígido, muy avanzado, que contiene el mayor contenido en carbono (hasta un 95%), posee el más alto poder calorífico y el menor contenido en componentes volátiles de los cuatro tipos citados. Debido a su contenido bajo en materia volátil, muestra una dificultosa combustión. Enciende generando una llama azul corta sin humo. Tiene una distribución cristalina y un tono negro brillante. Su composición, supera el 90%, tiene un poder calórico de entre 23 y 33 MJ/Kg y tiene su origen en el

proceso denominado carbonificación; en dos etapas, la primera que corresponde a la descomposición de la materia orgánica por bacterias aeróbicas que habitan en lechos húmedos, durante esta etapa los desechos orgánicos pueden tener una reducción en su volumen de un 50%, este proceso termina con la muerte de las bacterias por falta de oxígeno y a partir de comienza la segunda etapa de transformación y se realiza, con la ayuda de bacterias anaeróbicas las cuales generan ácidos, que a la larga determinarán la aniquilación de las mismas (Rey, 2021).

Su origen se remonta hace 250 millones de años en el periodo conocido como carbonífero sin embargo se tiene evidencias de su formación en el pérmico. Sus características químicas se lo miden de acuerdo al rango (pureza) se interpreta que aquellos con mayor rango tiene concentraciones de carbón más grandes por unidad de volumen, determinándose el primer lugar, con una capacidad de 30 MJ / Kg, por esta razón la hulla y la Antracita resultan muy atractivas en las aplicaciones metalúrgicas. Su utilización se da como medio filtrante, básicamente es carbón activado triturado y tamizado con gránulos que van desde 0.5  $\mu\text{m}$  hasta 3  $\mu\text{m}$ . Es un buen complemento para los filtros de medios múltiples, en compañía de arena o arena verde de manganeso (Ecured, 2022).

#### **2.2.6: Causas de la contaminación por carbón**

- ✓ **Minería:** Es una de las más negativas para las superficies, ya que devasta el manto vegetal y estructura. Además, adiciona edificadores sumamente dañinos a la superficie como numerosos metales pesados (*Contaminación del suelo*, 2019).
- ✓ **Industria:** Son compuestos en desechos que contaminan a la superficie. Fundamentalmente los efluentes arrastran a la superficie metales pesados, solventes, detergentes y otras sustancias químicas peligrosas (*Contaminación del suelo*, 2019).
- ✓ **Agricultura:** Su intensiva de monocultivo, se emplea en gran cantidad de pesticidas y estiércoles. Los plaguicidas incluyen herbicidas, insecticidas, entre otros. Los insecticidas o herbicidas en muchos casos contaminan las superficies con componentes activos residuales. Los fertilizantes agregan nitritos, nitratos y los mantillos fosfatados son una



fuelle de cadmio. El exuberancia de abonos químicos puede inducir acidez en las superficies y desbalances en las poblaciones de microorganismos (*Contaminación del suelo*, 2019).

#### 2.2.7: Consecuencias de la contaminación por carbón:

- ✓ Lluvia ácida y efecto invernadero son las causas nocivas y más perjudiciales para nuestro mundo que vienen directamente del uso de carbón como fuente de energía (*Contaminación del suelo*, 2019).
- ✓ La continuidad de esta práctica (emisión de CO<sub>2</sub>) conlleva a alcanzar niveles, peligrosos para la salud por la emisión de partículas.
- ✓ El transporte y almacenamiento está originando un fuerte impacto medioambiental al liberar diferentes agentes contaminantes. A pesar del uso intensivo, la eficacia energética del carbón no es cuantiosa, pues se estima que se aprovecha un 35% del carbón total que se utiliza para producir energía.
- ✓ Afecta la supervivencia de la vida este ecosistema con gran actividad biológica (*Contaminación del suelo*, 2019).
- ✓ Los suelos contaminados afectan a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas por arrastre, por infiltración o lixiviación (*Contaminación del suelo*, 2019).

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Guía para muestreo de suelo:** Para la ejecución de todo tipo de muestreo, anticipadamente se debe hacer un procedimiento de muestreo que abarque toda la información y programación conforme con los objetivos del muestreo.
- **Muestreo de identificación:** Orientado y detallado con el objetivo de verificar si el suelo está contaminado. Entiéndase que toda investigación elaborada para el muestreo exploratorio en el D.S. N° 002-2013-MINAM, se descifra relacionado al muestreo de identificación.
- **Muestra:** Fragmentos representativos de un terreno para precisar su calidad ambiental, tomadas de acuerdo a un plan de muestreo.
- **Estándar de Calidad Ambiental para suelo (ECA):** Es acoplables en todo plano o diseño de cualquier movimiento, cuyo progreso centralmente de la región nacional ocasione o pueda forjar peligros de contaminación al suelo en su misma ubicación y espacios de predominio. (MINAM, 2011).
- **Límites máximos permisibles:** Valores o datos límites de contaminación de superficies determinados para cada medida o parámetro.
- **Muestreo de comprobación de la remediación (según guía MINAM):** Orientado a comprobar si se obtuvieron los niveles determinados en el ECA para suelo, los niveles de base, los niveles de remediación fijados en el ERSA “Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente en sitios contaminados” u otros fines de remediación determinados para suelos.
- **Espectroscopia de Absorción Atómica (AAS):** Técnica normalizado en la atomización del anualito en la central líquida, que usa un pulverizador pre-quemador para generar una niebla de prototipo y un quemador con forma de ranura que induce una llama con una longitud de trayecto más larga, en caso se transmitiera la energía inicial al anualito sea por el técnica "de llama"(Martínez, 2023).

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

- ✓ La Fitorremediación si influye en el Suelo Contaminado por Carbón en el Sector Chorobal del Distrito Salaverry.

## 2.5. Operacionalización de variables

**Tabla N° 01:** Operacionalización de Variables

VARIABLE DEL ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA NOMINAL	TECNICAS ANALISIS DE INFORMACION	OBSERVACION INSTRUMENTO	HERRAMIENTA DE PROCEDIMIENTO
<b>Independiente</b> Fitorremediación	Son un conjunto de técnicas que reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos inorgánicos a partir de técnicas bioquímicas ejecutadas por las plantas y microorganismos asociadas a ella.	Los datos se obtendrán de las muestras tomadas de suelo y plantas, en donde se verificará la Fitorremediación por parte de las especies en estudio.	Especies vegetales: Diente de León ( <i>Taraxacum officinale</i> ) Verdolaga ( <i>Portulaca sp</i> ) Maíz ( <i>Zea mayz</i> ) Acacia ( <i>Delonix regia</i> )	Germinación Altura Diámetro de tallo Peso de la planta	Nivel medición de razón.	Análisis de datos.	Espectrometría Regla Balanza analítica Estufa	Software SPSS Excel
<b>Dependiente</b> Suelo del Sector Chorobal	La contaminación por carbón, genera efectos negativos sobre el medio ambiente y pueden actuar directa o indirectamente sobre el sistema suelo.	Para medir la recuperación del suelo se tendrá en cuenta los parámetros que nos da los límites máximos permisibles, en estándares de calidad ambiental.	Arsénico (As) Cadmio (Cd) Cromo (Cr) Plomo (Pb)	ppm ppm ppm ppm	Nivel medición de razón.	Análisis de datos.	T-1066- ecoplanet Balanza analítica	Software SPSS Excel

*Nota:* Nos detalla las variables en el cual encontramos definición conceptual, definición operacional, dimensiones, indicadores, escala nominal, técnicas, observación y herramientas.

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo de investigación

✓ **De acuerdo al fin que se persigue:**

**Investigación Aplicada:** ya que se emplea el conocimiento para solucionar problemas prácticos y específicos.

✓ **De acuerdo al tipo de problema:**

**Investigación explicativa:** Es el tipo de exploración que se usa con el fin de pretender establecer causas y secuelas de un fenómeno concreto. **Se indaga no solo el qué sino el porqué** de los sucesos, y cómo han llegado a provocar un problema a la sociedad y ambiente (Castillero Mimenza, 2017).

✓ **De acuerdo a la correlación de datos:**

**Investigación experimental:** Es la manipulación de variables en condiciones altamente controladas, que dan respuesta a un fenómeno concreto; por ello, al observar el grado del estudio de nuestra variable, se ve manipulada por la fitorremediación (Castillero Mimenza, 2017).

✓ **De acuerdo al método**

**Investigación cuantitativa:** Es una forma ordenada de compilar y examinar datos derivados de distintas fuentes. La pesquisa cuantitativa requiere del uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para conseguir resultados. Es irrefutable en su intención ya que trata de medir el problema y entender qué tan divulgado está mediante la búsqueda de efectos proyectarles a una población mayor (Castillero Mimenza, 2017).

### 3.2. Método de investigación

**Descriptiva-cuantitativa:** Este es un estudio descriptivo de enfoque cuantitativo pues se recolectarán datos o componentes sobre diferentes

aspectos del personal de la organización a estudiar y se realizará un análisis y medición de los mismos (Hernández, Fernández y Baptista, 2003, p. 119).

### 3.3. Diseño de investigación

Se utilizó el Diseño Completo al Azar (DCA) el cual está constituido por 4 tratamientos y sus respectivos testigos, se consideró 20 repeticiones por cada tratamiento.

**Tabla N° 02:** Tratamientos en estudio

Tratamientos	Descripción de los tratamientos
<b>T<sub>1</sub></b>	Suelo contaminado por carbón y siembra de la especie Diente de León ( <i>Taraxacum officinale</i> ).
<b>T<sub>2</sub></b>	Suelo contaminado por carbón y siembra de la especie Verdolaga ( <i>Portulaca</i> sp.).
<b>T<sub>3</sub></b>	Suelo contaminado por carbón y siembra de la especie Maíz ( <i>Zea mays</i> ).
<b>T<sub>4</sub></b>	Suelo contaminado por carbón y siembra de la especie Acacia ( <i>Delonix regia</i> ).
<b>Testigo 1</b>	Arena de duna y siembra de Diente de León ( <i>Taraxacum officinale</i> ).
<b>Testigo 2</b>	Arena de duna y siembra de Verdolaga ( <i>Portulaca</i> sp.).
<b>Testigo 3</b>	Arena de duna y siembra de Maíz ( <i>Zea mays</i> ).
<b>Testigo 4</b>	Arena de duna y siembra de Acacia ( <i>Delonix regia</i> ).

*Nota:* Elaboración propia, en esta tabla nos detalla los tratamientos, junto a una descripción de cada tratamiento con su respectivo testigo.

### 3.4. Población, muestra y muestreo

✓ **Población**

Estuvo conformado por 160 bolsas conteniendo 4 kg de suelo.

✓ **Muestra**

Conformada por toda la población.

✓ **Muestreo**

Se realizó un muestreo de identificación con el fin de investigar la presencia de contaminantes en el suelo y al mismo tiempo verificar si este supera o no los Estándares de Calidad Ambiental conforme a lo nombrado por el Decreto

### 3.5. Técnicas / instrumentos de recojo de datos

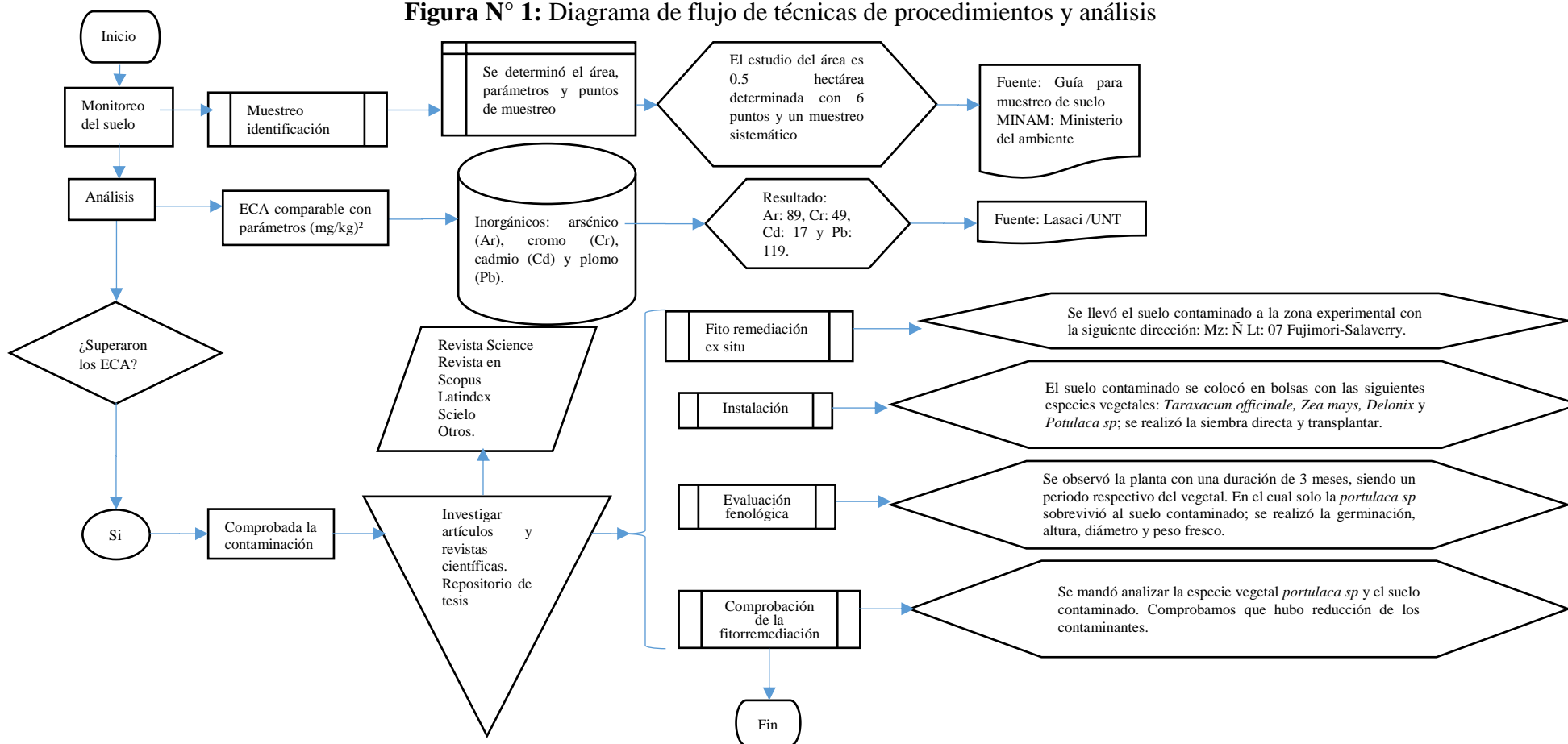
**Tabla N° 3:** Técnicas / instrumentos

Metales pesados	Unidad	Técnicas	Instrumentos
Arsénico (Ar)	mg/kg	Espectrofotometría	Excel
		de absorción atómica	Anova
Cromo (Cr)	mg/kg	Espectrofotometría	Excel
		de absorción atómica	Anova
Cadmio (Cd)	mg/kg	Espectrofotometría	Excel
		de absorción atómica	Anova
Plomo (Pb)	mg/kg	Espectrofotometría	Excel
		de absorción atómica	Anova

*Nota:* Elaboración propia, en esta tabla se va detallar cada metal pesado con su respectiva unidad con una determinada técnica y finalizamos con instrumentos.

### 3.6. Técnicas de procedimientos y análisis de datos

Figura N° 1: Diagrama de flujo de técnicas de procedimientos y análisis





### **3.7. Ética investigativa**

Como bachilleres de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI de la carrera profesional de ingeniería ambiental manifestamos que el presente trabajo de tesis inspiradas en el cuidado de nuestra casa común (Laudato Si) se desarrolló teniendo en cuenta el respeto al medio ambiente, la sociedad y el bien común. Si bien se trabajó con especies vegetales, se tuvo en cuenta las normativas vigentes sanitarias garantizando el no uso de organismos genéticamente modificados ni tampoco poniendo riesgo la flora nativa existentes en la zona, además en todo momento tendremos consideración respectivos de las industrias para el desarrollo de la propuesta. Y reafirmamos nuestro compromiso firme para respetar la veracidad de los resultados, así como la confidencialidad y privacidad de las autoras.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

**4.1** Para responder al objetivo 1 “Determinar el nivel de contaminación del suelo en el sector Chorobal de Salaverry, mediante un monitoreo”.

De acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, estos deben de estar en una concentración de 0.4, 50, 70, 1.4 (mg/kg MS) sucesivamente; habiendo superado en un 47 mg/kg, 86 mg/kg, 114 mg/kg, 18 mg/kg para cada uno según el análisis realizado (UNT, 2021).

**Tabla N°4:** Resultados de los análisis hechos a las muestras de suelo

<b>MUESTRA MI LAB: SUELO</b>				
<b>Elementos</b>	<b>Rep 1</b>	<b>Rep 2</b>	<b>Rep 3</b>	<b>ECA</b>
<b>Cromo mg/kg</b>	<b>42</b>	<b>47</b>	<b>43</b>	<b>0.4</b>
<b>Arsénico mg/kg</b>	<b>86</b>	<b>79</b>	<b>85</b>	<b>50</b>
<b>Plomo mg/kg</b>	<b>103</b>	<b>114</b>	<b>108</b>	<b>70</b>
<b>Cadmio mg/kg</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>1.4</b>

*Nota:* Resultados del laboratorio Lasaci de la Universidad Nacional de Trujillo, nos da muestras iniciales del monitoreo.

**4.2.** Respondiendo al objetivo 2 “Evaluar la fitorremediación del suelo contaminado en el sector Chorobal de Salaverry, probando especies vegetales”. Se tomó en cuenta 4 especies vegetales (Diente de león, Verdolaga, Maíz y Acacia) cada tratamiento con su respectivo testigo y la elección de estas especies se basó fundamentalmente en las características que presentan estas plantas al ser observadas en lugares cercanos a la problemática además de consultas hechas a trabajos de otros investigadores. Una vez tenido las plantas y el suelo en el lugar donde se decidió llevar a cabo la investigación se procedieron a sembrar las plantas para los estudios correspondientes que consistió en; tiempo de exposición de las plantas en ambos suelos, análisis fenológicos de las plantas y recojo de las mismas, preparación y luego ser enviados al laboratorio para su análisis correspondiente. El estudio se realizó en un periodo de 3 meses que viene a ser un periodo representativo del vegetal.

**Tabla N° 5: Evaluación fenológica de las especies**

Semillas con tratamientos					
Tratamientos	Germinación (%)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso fresco (gr)	Tiempo de exposición
Diente de león (T <sub>1</sub> )	-	-	-	-	3 meses
Verdolaga (T <sub>2</sub> )	75	17,2	3,8	24,1	
Maíz (T <sub>3</sub> )	-	-	-	-	
Acacia (T <sub>4</sub> )	-	-	-	-	
Semillas con testigo					
Diente de león (Testigo 1)	80	-	-	-	3 meses
Verdolaga (Testigo 2)	95	27	4,5	31,7	
Maíz (Testigo 3)	100	-	-	-	
Acacia (Testigo 4)	-	-	-	-	

**Nota:** Elaboración propia, detalla los tratamientos con sus indicadores.

En la tabla 05 se observa a los 4 tratamientos con cada especies vegetal y su evaluación fenológica de cada uno en cada etapa del proceso de exposición al suelo contaminado y suelo arenoso en donde podemos inferir que el tratamiento 2 (T<sub>2</sub>) el cual consistió en la especie de la *Portulaca* sp dio un satisfactorio resultado ya que es la que mejor tolera la contaminación del suelo por carbón llegando a un porcentaje de germinación de un 75% convirtiéndose así en la especie que mejor se adapta al suelo con carbón. Los tratamientos T<sub>1</sub> (*Taraxacum officinale*) T<sub>3</sub> (*Zea mays*) y T<sub>4</sub> (*Delonix regia*) no dieron los resultados esperados por lo tanto no toleran el suelo con carbón. Finalmente, en el suelo arenoso tenemos los testigos los cuales germinaron con los siguientes porcentajes T<sub>1</sub> (*Taraxacum officinale*) 80%, T<sub>2</sub> *Portulaca*

sp 95%, T<sub>3</sub> (*Zea mays*) 100%. Recalcamos que el tratamiento T<sub>4</sub> (*Delonix regia*) no germino porque la semilla no se adaptó al suelo tal como se muestra en la tabla N° 6

En efecto, se decidió estudiar a la especie de la *Portulaca* sp debido a las bondades que presento en el proyecto practicado.

#### 4.2.1. Evaluación fenológica del T<sub>2</sub> *Portulaca* sp

##### 4.2.1.1. Germinación

La germinación del tratamiento T<sub>2</sub> *Portulaca* sp fue bastante significativo ya que es una especie que tolera la contaminación del suelo con carbón.

**Tabla N° 6: Germinación de la *Portulaca* sp**

Repeticiones	Plantas
R <sub>1</sub>	✓
R <sub>2</sub>	✓
R <sub>3</sub>	✓
R <sub>4</sub>	No califica
R <sub>5</sub>	✓
R <sub>6</sub>	✓
R <sub>7</sub>	✓
R <sub>8</sub>	✓
R <sub>9</sub>	No califica
R <sub>10</sub>	
R <sub>11</sub>	No califica
R <sub>12</sub>	✓
R <sub>13</sub>	✓
R <sub>14</sub>	✓
R <sub>15</sub>	✓
R <sub>16</sub>	✓
R <sub>17</sub>	✓
R <sub>18</sub>	✓
R <sub>19</sub>	No califica
R <sub>20</sub>	

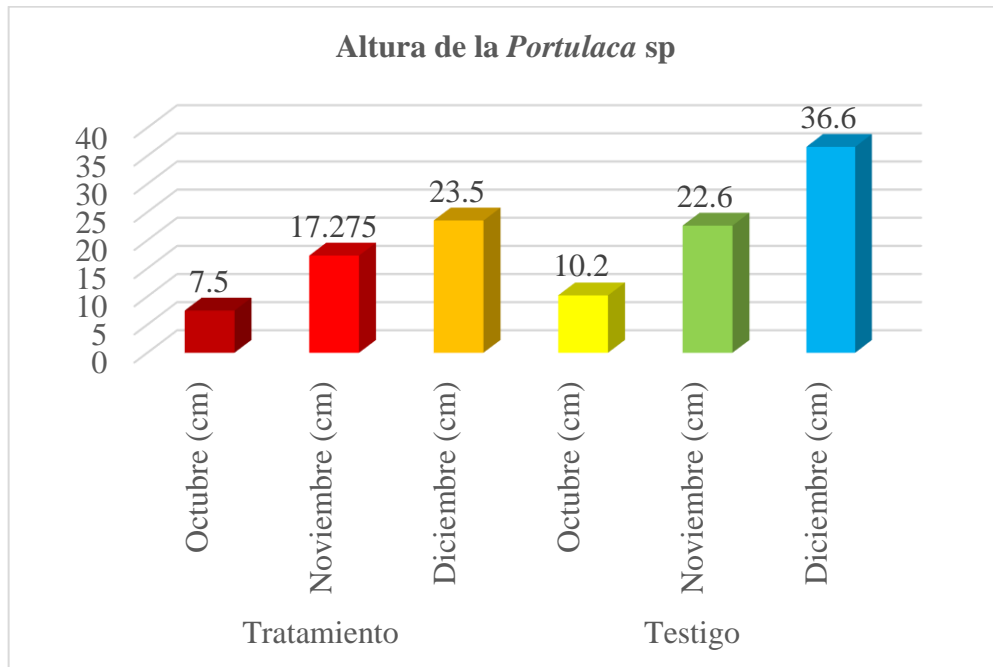
**Nota:** *Elaboración propia.*

En la tabla N° 06 se muestra las 20 repeticiones que se hizo de la germinación para el T<sub>2</sub> *Portulaca* sp en donde podemos inferir que el porcentaje de germinación de la especie expuesta al suelo contaminado fue de un 75%; cabe

mencionar, que el 25% de las plantas que no calificaron en un primer momento nacieron y estuvieron aproximadamente 3 semanas sobreviviendo luego estas se secaron porque fueron quemadas por los contaminantes presentes en el suelo.

#### 4.2.1.2. Altura

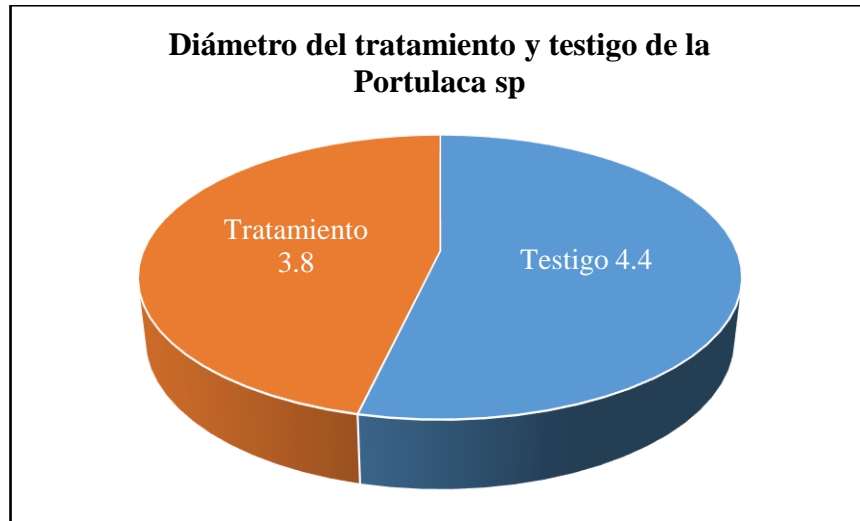
Figura N° 2: Altura de la *Portulaca* sp



En la figura N° 02 se realizó evaluaciones mensuales de la altura al vegetal. Se muestra al tratamiento T<sub>2</sub> *Portulaca* sp y la diferencia entre el tratamiento y testigo con respecto a la altura promedio que cada uno obtuvo al estar expuestos al suelo contaminado durante los 3 meses que las especies estuvieron en estudio. Se evidencia que en el mes de octubre el tratamiento T<sub>2</sub> obtuvo una altura promedio 7.2 cm, mientras que el testigo tuvo una ventaja promedio de 10,2 cm. Para el mes de noviembre el tratamiento T<sub>2</sub> *Portulaca* sp obtuvo una altura promedio de 17,3 cm mientras que su testigo en este mes obtuvo una ventaja mayor de 22,6 cm. Finalmente para el mes de diciembre el tratamiento T<sub>2</sub> *Portulaca* sp su altura promedio fue 23,5 cm mientras que el testigo obtuvo una diferencia más alta de 36,6 cm. Podemos concluir que las plantas que fueron expuestas al suelo contaminado fueron afectadas por esto retardando el crecimiento de las mismas con respecto a su testigo.

#### 4.2.1.3. Diámetro

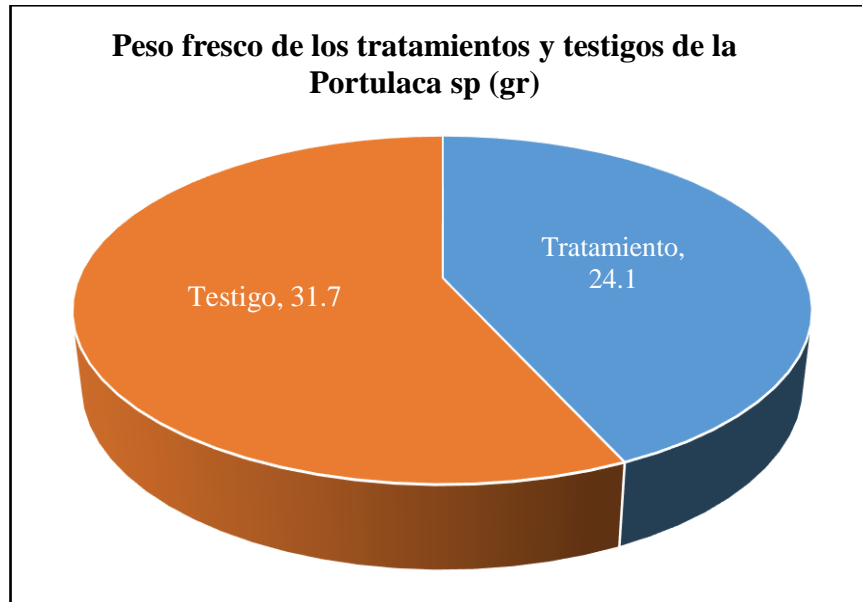
Figura N° 3: Diámetro de la *Portulaca* sp



En la figura 03 se muestra el diámetro del tratamiento T<sub>2</sub> *Portulaca* sp y su testigo podemos inferir que el diámetro con respecto a las plantas que fueron expuestas al suelo contaminado fue de un 3.8 cm (equivale a un 46 %) mientras que del testigo fue de un 4.4 cm (equivale a un 54%); es decir, también las especies fueron afectadas por los elementos químicos presentes en el suelo respecto al diámetro o grosor que obtuvieron.

#### 4.2.1.4. Peso fresco

Figura N° 4: Peso fresco de los tratamientos y testigos de la *Portulaca sp*



En la figura N° 04 se muestra el peso fresco de las plantas que obtuvimos al momento de levantado el proyecto se detalla que los vegetales que estuvieron expuestos al suelo contaminado con carbón obtuvieron un peso de 24.1 gr mientras que las plantas testigo sacaron una ventaja de 31.7 gr.

De acuerdo a los resultados detallados a continuación se comprueba que la fitorremediación es efectiva respecto a la concentración inicial de los elementos en el suelo tabla N° 4 ya que el tratamiento T<sub>2</sub> *Portulaca sp* logró reducir a los contaminantes del suelo mediante el mecanismo de Fitoextracción porque todos los elementos químicos en estudio se concentraron en la parte aérea de la planta.

**4.3.** Respondiendo al objetivo 3 “Determinar el % de reducción de los contaminantes del suelo del sector Chorobal mediante una fitorremediación.

Para poder medir el porcentaje de reducción de las especies vegetales después de levantado el proyecto se llevó al laboratorio para los análisis correspondientes cumpliendo con las indicaciones requeridas; es decir, una cantidad no menor a 100 gm de: raíz, hojas y tallos de cada uno; las muestras deben de estar debidamente rotulados de acuerdo a los requerimientos que indica la norma D.S. No. 002-2013-MINAM. Cabe mencionar que no debe de pasar más de un día después de levantado el ensayo.

**Tabla N° 07: Presencia de los elementos químicos en hojas y tallos del T<sub>2</sub> *Portulaca sp***

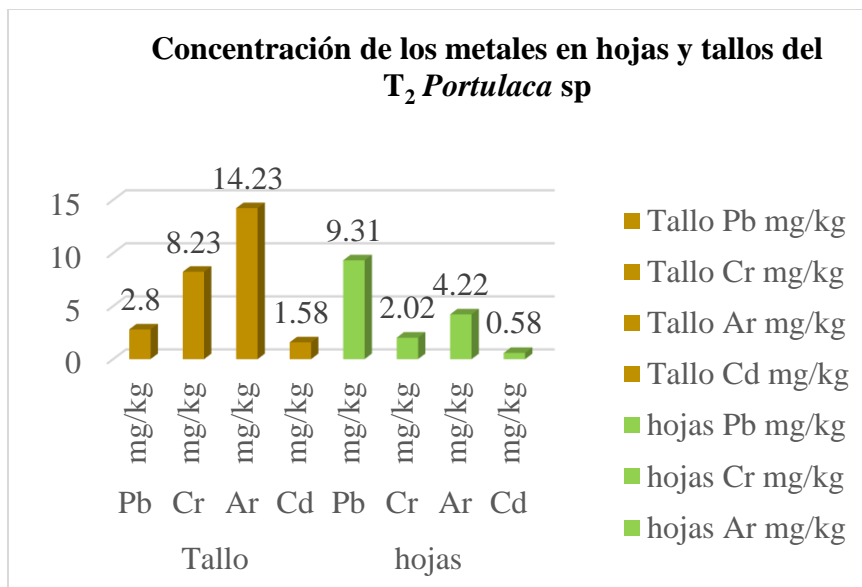
<b>T<sub>2</sub> <i>Portulaca sp</i></b>	<b>Elementos químicos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados mg/kg</b>
Tallo	Pb	mg/kg	2.8
	Cr	mg/kg	8.23
	Ar	mg/kg	14.23
	Cd	mg/kg	1.58
Hojas	Pb	mg/kg	9.31
	Cr	mg/kg	2.02
	Ar	mg/kg	4.22
	Cd	mg/kg	0.58

**Nota:** *Elaboración propia.*

La tabla N° 07 se muestra la presencia de los elementos químicos encontrados en las partes de la planta (hojas y tallo) *Portulaca sp* los resultados están expresados en miligramo sobre kilogramo y los contaminantes químicos presentes en el suelo son: plomo, cromo, arsénico y cadmio.



**Figura N° 5: Concentración de los metales pesados en hojas y tallo del T<sub>2</sub> *Portulaca sp***



En la figura N° 05 se muestra la concentración de los elementos químicos encontrados en la parte aérea (tallo) de la planta: Arsénico se evidencia que es el que obtuvo una concentración más alta con respecto a los demás contaminantes en esta parte del vegetal; 14,23 mg/kg a continuación está el Cromo con una menor cantidad, pero significativo para la fitorremediación 8,23 mg/kg, en tercer lugar, está el Plomo en una concentración de 2,8 mg/kg, y finalmente se encuentra al Cadmio con 1,58mg/kg.

Posteriormente se muestra la concentración de los elementos químicos presentes en las hojas del T<sub>2</sub> *Portulaca sp* y el que saco mayor ventaja es el Plomo con 9,31 mg/kg, continuando con el arsénico con 4,22 mg/kg bastante significativo para contribuir con el objetivo de la fitorremediación, y en el penúltimo lugar está el cromo con 2,02 mg/kg y finalmente se encuentra al cadmio con 0,58 mg/kg.

#### 4.3.1. Determinación de concentración de los elementos químicos por espectroscopia de absorción atómica, y corroboración de la fitorremediación de acuerdo a los ECA

Luego de los análisis practicados a las muestras se comprobó la alta concentración de los elementos químicos en el suelo (tabla 06) los mismos que superan los ECA para suelo (Estándares de calidad Ambiental) y la aplicación de la fitorremediación con el T<sub>2</sub> *Portulaca* sp.

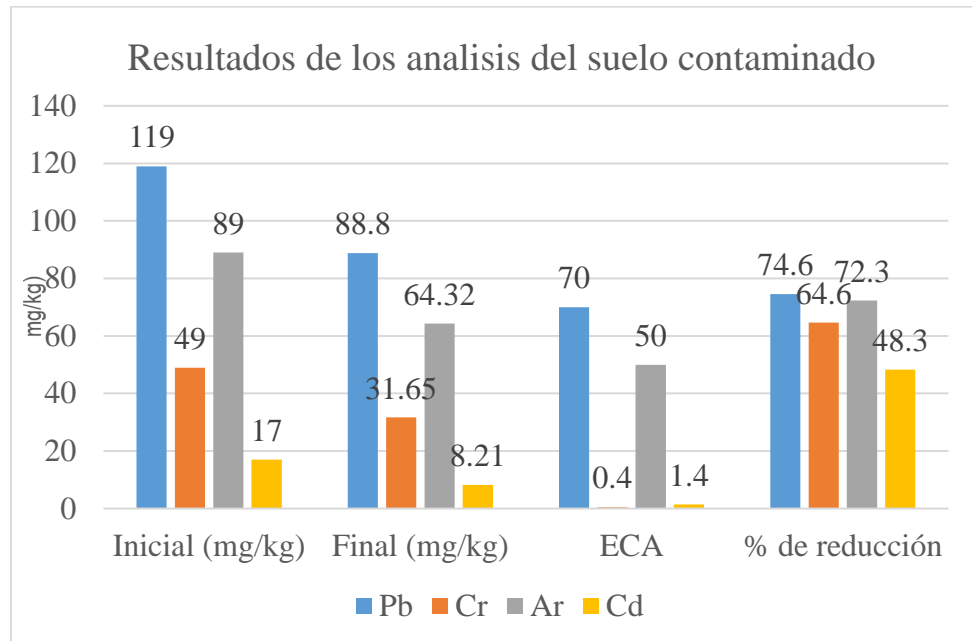
**Tabla N° 08: Determinación de concentración de los elementos químicos por espectroscopia de absorción atómica, y corroboración de la fitorremediación de acuerdo a los ECA**

Muestra	Procedencia	Metales Pesados (mg/kg)	Inicial (mg/kg)	Final (mg/kg)	ECA	% de reducción
Suelo	Sector	Pb	119	88.8	70	74.6
	Chorobal	Cr	49	31.65	0.4	64.6
	Distrito de Salaverry	Ar	89	64.32	50	72.3
		Cd	17	8.21	1.4	48.3

**Nota:** *Elaboración propia.*

En la tabla N° 08 se muestran los resultados iniciales que se hicieron para verificar la presencia de contaminantes en el suelo seguido del resultado final estos valores se muestran en mg/kg. A la vez en la tabla se muestran los estándares de calidad ambiental y la reducción de los contaminantes expresados en porcentaje.

**Figura N° 06: Resultados de los análisis del suelo contaminado**



En la figura N° 06. Se detalla los análisis de cada uno de los contaminantes químicos así por ejemplo tenemos al inicio al plomo que está en una concentración de 119 mg/kg posteriormente está el arsénico con una concentración de 89mg/kg, continuando con el cromo 49 mg/kg y por último encontramos al cadmio con una concentración de 17mg/kg.

Posteriormente se muestra la concentración de los elementos químicos después de haber aplicado la fitorremediación encontrando al plomo con una concentración de 88,8 mg/kg, posteriormente está el arsénico con una concentración de 64.32 mg/kg, seguido de estos está el cromo con una concentración de 31,65 mg/kg, y en último lugar está el cadmio con 8,21 mg/kg. A continuación, se muestra la comparación de los ECA con los resultados de cada uno de los contaminantes y según los estándares de calidad ambiental los elementos deben estar en una concentración de: plomo 70 mg/kg MS, arsénico 50 mg/kg MS, cadmio 1,4 mg/kg MS, cromo 0,4 mg/kg MS.

Finalmente se muestra el nivel de reducción que cada uno de los elementos obtuvo con la aplicación de la fitorremediación cabe mencionar que estos se encontraron en las partes cosechables de la planta tal es el caso del plomo 74.6%, continuando con el arsénico 72.3%, en el penúltimo lugar está el cromo con 64.6%, en último lugar está el cadmio con 48.3%.

#### 4.2. Prueba de hipótesis (si corresponde)

La fitorremediación disminuyó la concentración de minerales del suelo contaminado.

**Tabla N° 09: Resultados de las medidas del monitoreo y la remediación**

Descriptivos								
Variación								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Pb	2	103,900	21,354	15,100	-87,963	295,763	88,80	119,00
Cr	2	40,325	12,268	8,675	-69,901	150,551	31,65	49,00
Ar	2	76,660	17,451	12,340	-80,134	233,454	64,32	89,00
Cd	2	12,605	6,215	4,395	-43,238	68,448	8,21	17,00
Tota l	8	58,372	38,922	13,761	25,832	90,912	8,21	119,00

**Nota:** *Elaboración propia.*

Es un complementario se tomaron las medidas del antes y después sacando la media, siempre se trabaja el 95% de confianza y el 5 % de error. Los límites son las cantidades máximo o mínimo de cada medición tanto como el antes y después.

**Tabla N° 10: Comprobación de la remediación**

ANOVA					
Variación					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9655,124	3	3218,375	13,555	0,015
Dentro de grupos	949,715	4	237,429		
Total	10604,839	7			

**Nota:** *Elaboración propia.*

Según el cuadro mostrado según la ANOVA, encontrado el valor de significancia  $P=0.015$ , siendo menor a 0.05. Por lo que se comprueba que existe una variación entre las mediciones de cada variable.

**Tabla N° 11: Correlación de Pearson para verificar la influencia**

		<b>Correlaciones</b>	
		Metal_Pesado_Antes	Metal_Pesado_Despues
METAL_PESADO_A NTES	Correlación de Pearson	1	1,000**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	4	4
METAL_PESADO_DE SPUES	Correlación de Pearson	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	4	4

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

**Nota:** *Elaboración propia.*

Se verifica que si existe la influencia de la fitorremediación en el suelo contaminado dando como resultado en la correlación de Pearson: 1.

**Tabla N° 12: Tipos de Correlación Pearson**

R=1	correlación perfecta
$0,8 < r < 1$	correlación muy alta
$0,6 < r < 0,8$	correlación alta
$0,4 < r < 0,6$	correlación moderada
$0,2 < r < 0,4$	correlación baja
$0 < r < 0,2$	correlación muy baja
R=0	correlación nula

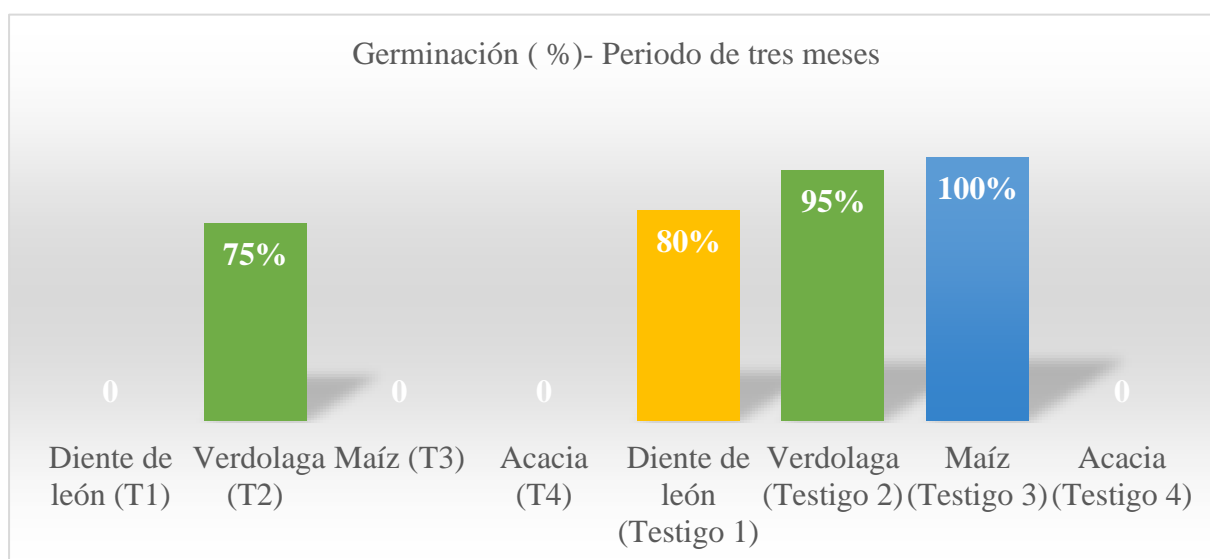
**Nota:** *Elaboración propia.*

Dando como resultado en la correlación de Pearson: 1, para concluir que es una correlación perfecta.

#### 4.4. Discusión de resultados

- 4.4.1. Los resultados del monitoreo que se hizo se muestra el nivel de contaminación del suelo expuesto a carbón antracita ya que en los resultados se encontró los metales pesados Plomo, Arsénico, Cadmio y Cromo que superaron los límites máximos permisibles según los resultados de los análisis del laboratorio Lasaci UNT (2021) para los elementos químicos y que se encuentran en una concentración de: Pb 119 mg/kg, Cr 49 mg/kg, Ar 89 mg/kg y Cd 17 mg/kg; al igual que Gómez-Ras (2016) revela que las muestras probadas presentan contenidos promedio de metales como Pb (15,5 mg/kg-1), Se (16,5 mg/kg -1), Cd (0,55 mg/kg-1) y As (16,05 mg/kg-1) por encima del promedio mundial para carbones del mismo rango.
- 4.4.2. La fitorremediación con especies vegetales para este proyecto son plantas seleccionadas minuciosamente para aplicarse en la investigación pues cumplen un rol muy significativo ya que se adaptan fácilmente a las condiciones del lugar y por ende al contaminante; por otro lado es una práctica barata y al alcance todos puesto que se debe aprovechar la capacidad de las plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos (Delgadillo-López et al., 2011) como sucede con la *Portulaca* sp que demostró ser una especie fitoextractora de contaminantes al acumular en sus tallos y hojas a los elementos químicos en estudio; cabe mencionar que las características fenológicas de la planta son bastante significativas con un porcentaje de germinación de 75% y una altura promedio de 17,2 para ser aplicadas en suelos contaminados con carbón. Por otro lado, (Tiwari et al., 2008) menciona que la verdolaga (*Portulaca* sp), tiene la capacidad para acumular metales pesados como Cd, Ar y As, siendo una hiperacumuladora en sus raíces y en menor cantidad en las flores con un porcentaje de germinación 80%. Mientras que (Zanganeh et al., 2022) afirma que este vegetal; además de la longitud de brotes y raíces creció 4,6 y 3 veces más, y la acumulación de metales pesados disminuyó significativamente, lo que indica una fitoextracción exitosa de la verdolaga.

**Figura 07: Germinación (%)- Periodo de tres meses**



4.4.3. El porcentaje de reducción de los contaminantes: Pb, Cr, Ar, Cd: se logró reducir en 74,6%, 64,6%, 72,3% y 48,3% respectivamente; usando el T<sub>2</sub> *Portulaca* sp un total de 90% bajo el mecanismo de Fitoextracción; Estos resultados sugieren que la *Portulaca* sp puede considerarse un excelente agente fitoextractor para suelos contaminados con metales pesados. Al igual que (Zanganeh et al., 2022) evaluó la fitorremediación con la *Portulaca oleracea* L. a un suelo contaminado con los siguientes metales pesados Cr (III), Cr (VI), Fe, Al y Zn, logrando la disminución de estos metales, con una escala de: el mayor contenido de reducción lo obtuvo Cr (VI) con un porcentaje de 87% aplicando la técnica bioamentación; en cambio con la fitorremediación se redujo a un 90% mediante el mecanismo de fitoextracción de la planta. Así también (Yadegari, 2018) investigó “Rendimiento de la verdolaga (*Portulaca oleracea*) en suelos contaminados con níquel y cadmio como cultivo de eliminación de metales pesados y las comparaciones del peso medio seco del brote y la raíz y el porcentaje de extracción mostraron que el nivel más alto pertenecía a las plantas de control, mientras que el nivel más bajo se observó en las plantas bajo tratamiento combinado de níquel (120 mg / kg) y cadmio (40 mg / kg) y el tratamiento único de cadmio (40 mg / kg). Por otro lado, (Tiwari et al., 2008) también evaluó la “Eficiencia de la fitorremediación con la *Portulaca Tuberosa* rox y *Portulaca Oleracea* L., ambas especies de portulaca hiperacumulaban más de un elemento químico

Cd, Cr y As. Las concentraciones totales en brotes ( $\mu\text{g g}^{-1}$  dw) de Cd, Cr y As en *P. Tuberosa* fueron 1.571, 7.957 y 3.118, respectivamente, mientras que en *P. Oleracea*, fueron 1.128, 7.552 y 2.476, respectivamente. Las plantas de *Portulaca* tienen buena biomasa y alta capacidad de regeneración; por lo tanto, parecen ser apropiados para la remediación de sitios contaminados con efluentes (metales).



## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS**

### **5.1. Conclusiones**

- ✓ Los resultados encontrados en el monitoreo; tenemos los siguientes metales pesados: Pb 119 mg/kg, Cr 49 mg/kg, Ar 89 mg/kg y Cd 17 mg/kg., y comparado con los estándares de calidad ambiental, estos deben estar en una concentración de Pb 70 mg/kg, Cr 0,4 mg/kg, Ar 50 mg/kg y Cd 1,4 mg/kg, en lo cual se concluye que el suelo está contaminado.
- ✓ En la especie vegetal que evidencio ventajas con respecto a las demás, basándose en sus características fenológicas para la fitorremediación es decir el T<sub>2</sub> *Portulaca* sp ya que se pudo comprobar con la germinación, diámetro etc.
- ✓ Con los análisis obtenidos del laboratorio se pudo determinar que se logró reducir la contaminación del suelo con carbón en un 74,6% en el caso de la concentración del plomo; 64,6% para el cromo; 72.3% para el arsénico y 48,3% para el cadmio.

### **5.2. Sugerencias**

- ✓ Se recomienda la utilidad de este estudio para otros proyectos de investigación, el cual busca contribuir con un grano de arena para personas que aguardan celosos la destrucción de nuestro medio ambiente
- ✓ Se recomienda utilizar otras especies de *Portulaca* sp
- ✓ Se recomienda realizar el análisis completo de la especie vegetal: flores, hojas, tallo y raíces.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo Sandoval, O. (2011). *Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación*. <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/2972/>
- Amir, W., Farid, M., Ishaq, H. K., Farid, S., Zubair, M., Alharby, H. F., Bamagoos, A. A., Rizwan, M., Raza, N., Hakeem, K. R., & Ali, S. (2020). Accumulation potential and tolerance response of *Typha latifolia L.* under citric acid assisted phytoextraction of lead and mercury. *Chemosphere*, 257, 127247. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127247>
- Ardila, V. H., & Sepúlveda, O. E. C. (2009). Cubiertas verdes: Una alternativa ambiental para la ciudad. *Universitas Científica*, 12, 123-126.
- Asprilla, J. C., Montaña, S. I. A., & Riascos, Y. V. A. (s. f.). *Riesgos sociales de los habitantes del sector de la immaculada, relacionados con la contaminación ambiental producida por la operación de la carbonera trenaco*.
- Avílez, A. A. B., & Rodríguez, G. A. R. (s. f.). Capacidad de la *acacia mangium* como planta fitorremediadora de suelos contaminados con mercurio.
- Castillero Mimenza, O. (2017, abril 3). *Los 15 tipos de investigación (y características)*. <https://psicologiymente.com/miscelanea/tipos-de-investigacion>
- Chávez Cuadros, T. (2000). Factores que intervienen en la generación de drenaje ácido en la minería del carbón y mitigación del impacto ambiental. Mina Las Peñitas Colombia. *Universidad Nacional de Ingeniería*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3258782>
- Contaminación del suelo: Causas, tipos, consecuencias*. (2019, agosto 27). Lifeder. <https://www.lifeder.com/causas-consecuencias-contaminacion-suelo/>

- Cortés A., S., Yohannessen V., K., Tellerías C., L., & Ahumada P., E. (2019). Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional? *Revista chilena de pediatría*, 90(1), 102-114. <https://doi.org/10.32641/rchped.v90i1.748>
- Fdez-Canteli, P. (s. f.). *Suelos contaminados*.
- Fernandez Ochoa, B. H., Mullisaca Contreras, E., Huanchi Mamani, L. E., Fernandez Ochoa, B. H., Mullisaca Contreras, E., & Huanchi Mamani, L. E. (2022). Nivel de contaminación del suelo con arsénico y metales pesados en Tiquillaca (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(2), 131-138. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.416>
- Gómez-Rojas, O., Díaz Lagos, M., Blandón, A., & Martínez-Ovalle, S. A. (2016). Presencia de elementos contaminantes como Cd, As, Pb, Se y Hg en carbones de la zona Cundiboyacense, Colombia. *Revista de investigación, desarrollo e innovación*, 7, 141. <https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n1.2016.5604>
- Gonzalez Chavez, Ma. del C. (2017). Uso de leguminosas (*Fabaceae*) en Fitorremediación. Greenpeace. (s. f.). *Carbón*. Greenpeace España. Recuperado 29 de enero de 2023, de <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/carbon/>
- León, J. de C. y. (s. f.). *Historia del carbón* (Castilla y León) [Text]. Junta de Castilla y León. Recuperado 29 de enero de 2023, de <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/historia-carbon.html>
- Ley General del Ambiente*. (s. f.). [Text]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. Recuperado 29 de enero de 2023, de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>
- López, R. A. N., & Vong, Y. M. (s. f.). *Fundamentos y aplicaciones*.

- Martínez, I. R. (2023, enero 31). *Entendiendo la AAS (Espectroscopía de Absorción Atómica) / Soluciones en Instrumentación—Solinsa*.  
<https://www.solinsa.mx/entendiendo-la-aas-espectroscopia-de-absorcion-atomica/>
- Mendoza, L. E. C. (s. f.). *Área de la energía, las industrias y los recursos naturales no renovables*.
- Meza-Ramírez, V., Espinoza-Ortiz, X., Ramírez-Verdugo, P., Hernández-Lazcano, P., & Rojas Hermosilla, P. (2021). Pb-Contaminated Soil from Quintero-Ventanas, Chile: Remediation Using *Sarcocornia neei*. *The Scientific World Journal*, 2021, e2974786.  
<https://doi.org/10.1155/2021/2974786>
- Rey, J. (2021, agosto 31). *Características y propiedades del carbón: Qué es y para qué sirve*.  
okdiario.com. <https://okdiario.com/curiosidades/caracteristicas-del-carbon-conocelas-2468335>
- Salas Sandoval, I., & Contreras González, V. (2012). Contaminación ambiental del aire en Buenos Aires, Argentina. *RIAT: Revista Interamericana de Medioambiente y Turismo*, 8(1), 34-41.
- Tiwari, K. K., Dwivedi, S., Mishra, S., Srivastava, S., Tripathi, R. D., Singh, N. K., & Chakraborty, S. (2008). Phytoremediation efficiency of *Portulaca tuberosa* rox and *Portulaca oleracea* L. naturally growing in an industrial effluent irrigated area in Vadodra, Gujrat, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 147(1-3), 15-22.  
<https://doi.org/10.1007/s10661-007-0093-5>
- Www.greenpeace.org\_argentina\_Global\_argentina\_report\_2010\_4\_impacto-carbon-salud-humana.pdf*. (s. f.). Recuperado 29 de enero de 2023, de  
[https://www.ocmal.org/wpcontent/uploads/2013/01/www.greenpeace.org\\_argentina\\_Global\\_argentina\\_report\\_2010\\_4\\_impacto-carbon-salud-humana.pdf](https://www.ocmal.org/wpcontent/uploads/2013/01/www.greenpeace.org_argentina_Global_argentina_report_2010_4_impacto-carbon-salud-humana.pdf)

- Yadegari, M. (2018). Performance of purslane (*Portulaca oleracea*) in nickel and cadmium contaminated soil as a heavy metals-removing crop. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 8, 2447-2455. <https://doi.org/10.22034/ijpp.2018.540891>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16061-0>

# ANEXOS



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION**



**LASACI**

## INFORME DE ANÁLISIS LASACI / UNT

SOLICITANTE	: KATHERINE ANTICONA CORREA
MUESTRA	: SUELO CONTAMINADO CON HIDROCARBURO
PROCEDENCIA	: SALAVERRY
FECHA DE INGRESO	: 17 DE AGOSTO DEL 2021
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA M1 - LAB: SUELO						
	Cr (mg/kg) ± LC	Al (mg/kg) ± LC	Pb (mg/kg) ± LC	Mg (mg/kg) ± LC	Ar (mg/kg) ± LC	Cd (mg/kg) ± LC
Rep. 1	42 ± 5.0	49 ± 2	103 ± 11	16 ± 2	86 ± 5	18 ± 2
Rep. 2	47 ± 5.0	52 ± 5	114 ± 10	11 ± 5	79 ± 7	11 ± 4
Rep. 3	43 ± 4.0	57 ± 5	108 ± 11	11 ± 5	85 ± 5	13 ± 2

TRUJILLO, 24 DE AGOSTO DEL 2021



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

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION**



**LASACI**

**INFORME DE ANÁLISIS**  
**LASACI / UNT**

SOLICITANTE	: KATHERINE ANTICONA CORREA
MUESTRA	: SUELO CONTAMINADO CON HIDROCARBURO
PROCEDENCIA	: SALAVERRY
FECHA DE INGRESO	: 17 DE AGOSTO DEL 2021
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

**MUESTRA M1 - LAB: SUELO**

	Cr (mg/kg) ± LC	Al (mg/kg) ± LC	Pb (mg/kg) ± LC	Mg (mg/kg) ± LC	Ar (mg/kg) ± LC	Cd (mg/kg) ± LC
Rep. 1	42 ± 5.0	49 ± 2	103 ± 11	16 ± 2	86 ± 5	18 ± 2
Rep. 2	47 ± 5.0	52 ± 5	114 ± 10	11 ± 5	79 ± 7	11 ± 4
Rep. 3	43 ± 4.0	57 ± 5	108 ± 11	11 ± 5	85 ± 5	13 ± 2

TRUJILLO, 24 DE AGOSTO DEL 2021



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

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632

ANÁLISIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS  
LASACI / IQUNT

SOLICITANTE	: KATHERINE STEFANY ANTICONA CORREA
MUESTRA	: MATERIA (SUELO Y VERDOLAGA)
PROCEDENCIA	: SUSUVECA-SALAVERRY
FECHA DE INGRESO	: DE ENERO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CÓDIGO DE MUESTRA	SUELO CONTAMINADO		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
Pb ± LC	mg/kg	88.30 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	31.60 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	64.22 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	8.20 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

CÓDIGO DE MUESTRA	TALLO DE VERDOLAGA (Portulaca Oleracea)		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
Pb ± LC	mg/kg	27.5 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	8.18 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	14.22 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	1.57 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

LASACI  
DIRECCIÓN  
Ing. Carlos A. Valqui Mendoza  
DIRECTOR LASACI

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

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

lasaciunt@gmail.com 949959632





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

## LASACI



CÓDIGO DE MUESTRA		HOJAS DE VERDOLAGA (Portulaca Oleracea)	
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO
Pb ± LC	mg/kg	9.26 ± 0.5	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cr ± LC	mg/kg	2.57 ± 0.05	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Ar ± LC	mg/kg	4.12 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy
Cd ± LC	mg/kg	0.48 ± 0.1	Espectroscopia AA o AAS, por atomic absorption spectroscopy

TRUJILLO, 24 DE ENERO DEL 2022

  
 LASACI  
 DIRECCIÓN  
 CARLOS N. VALDEZ MENDOZA  
 DIRECTOR

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

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632

**Anexo 5: Matriz de consistencia**

**FITORREMEDIACIÓN DEL SUELO CONTAMINADO POR CARBÓN EN EL SECTOR CHOROBAL DEL DISTRITO SALAVERRY.**

Planteamiento de problema	Objetivos	Hipótesis	Variable
<p><b>Problema general:</b> ¿En qué medida influye la Fitorremediación del suelo en el sector Chorobal en el distrito de Salaverry?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar la influencia de la Fitorremediación del suelo en el sector Chorobal de Salaverry</p> <hr/> <p><b>Objetivo específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinar el nivel de contaminación del suelo en el sector Chorobal de Salaverry, mediante un monitoreo.</li> <li>✓ Evaluar la fitorremediación del suelo contaminado en el sector Chorobal de Salaverry, probando especies vegetales.</li> <li>✓ Determinar el % de reducción de los contaminantes del suelo</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b> La Fitorremediación si influye en el Suelo Contaminado por Carbón en el Sector chorobal del Distrito Salaverry</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> Fitorremediación.</p> <hr/> <p><b>Variable Dependiente:</b> Suelo del Sector Chorobal-Salaverry.</p>

---

del sector Chorobal mediante  
una fitorremediación.

---