

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



Tesis

“Efecto de la fitorremediación con la especie sonchus oleraceus en la recuperación de suelos contaminados por plomo Huanuco- 2023”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL

AUTORA: Lucas Martel, Alejandra Soraya

ASESOR: Morales Aquino, Milton Edwin

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71809031

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44342697

Grado/Título: Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-2250-3288

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Bonifacio Munguia, Jonathan Oscar	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46378040	0000-0002-3013-8532
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofía	Maestro en Ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714

D

H



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 29 del mes de febrero del año 2024, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0367-2024-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON LA ESPECIE *sonchus oleraceus* EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO HUANUCO-2023"**, presentado por el (la) Bach. **LUCAS MARTEL, ALEJANDRA SORAYA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas; procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) aprobada.... Por unanimidad...con el calificativo cuantitativo de 15... y cualitativo de bueno..... (Art. 47)

Siendo las 17:18 horas del día 29 del mes de febrero del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Mg. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente


Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia
DNI: 46379040
ORCID: 0000-0002-3013-8532
Secretario


Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel
DNI: 43616954
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

“AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA
INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS
BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, MILTON EDWIN MORALES AQUINO, asesor(a) del PA. INGENIERIA AMBIENTAL y designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1227-2022-D-FI-UDH del 20 de JUNIO del 2022; de la Bachiller, LUCAS MARTEL, Alejandra Soraya de la investigación titulada “**EFFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON LA ESPECIE *sonchus oleraceus* EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO HUANUCO- 2023**”.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 19 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituye plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 8 de marzo de 2024

Mg. Milton Edwin Morales Aquino

Asesor de tesis

DNI: 44342697

Código ORCID N°

0000-0002-2250-3288

segunda revision.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.ecologiaverde.com

Fuente de Internet

1%

2

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

qdoc.tips

Fuente de Internet

1%

4

bdigital.unal.edu.co

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

documentop.com

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

distancia.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

DEDICATORIA

Lo dedico a todas las personas que han formado parte de mi vida y que me han ofrecido su apoyo incondicional, en especial a mis padres, quienes constantemente me han motivado en todas mis metas, desempeñando un papel fundamental en mi desarrollo académico y personal.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, expreso mi gratitud a Dios por concederme salud, vida y sabiduría que me ha servido como guía. Agradezco a mi asesor por respaldarme en todo el proceso, mostrando disposición constante para aclarar mis dudas y orientarme en la dirección adecuada.

Además, quiero reconocer y agradecer a mis padres por compartir sus conocimientos, convirtiendo esta etapa en una experiencia enriquecedora y llena de aprendizaje.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPITULO I.....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.6.1. VIABILIDAD EN RECURSOS TEÓRICOS.....	17
1.6.2. VIABILIDAD EN RECURSOS FINANCIEROS.....	17
1.6.3. VIABILIDAD EN RECURSOS METODOLÓGICOS	17
CAPITULO II.....	18
MARCO TEORICO	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	20
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	23
2.2. BASES TEÓRICAS	24
2.2.1. FITORREMEDIACIÓN	24

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN SEGÚN EL LUGAR EN QUE SE REALIZA EL PROCESO DE REMEDIACIÓN	34
2.2.3. LECHUGUILLA (SONCHUS OLERACEUS L.)	37
2.2.4. SUELOS CONTAMINADOS	38
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	47
2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS	48
2.5. SISTEMA DE VARIABLES	48
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	48
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	48
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	49
CAPITULO III	50
MAIRCO METODOLOGICO	50
3.1. TIPO DE ESTUDIO.....	50
3.1.1. ENFOQUE	50
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	50
3.1.3. DISEÑO	50
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	51
3.2.1. POBLACIÓN	51
3.2.2. MUESTRA.....	52
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	52
3.3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	52
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	52
3.4.1. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	52
3.4.2. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	53
CAPITULO IV.....	55
RESULTADO.....	55
CAPITULO V.....	63
DISCUSIÓN	63
CONCLUSIONES	67

RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	69
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mecanismos de fitorremediación	26
Tabla 2 Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación in situ y ex situ	35
Tabla 3 Taxonomía de la Lechuguilla (Sonchus oleraceus L.)	38
Tabla 4 Porcentaje de componentes del suelo	42
Tabla 5 Matriz del Diseño Experimental	51
Tabla 6 Incorporación de plomo en el suelo	53
Tabla 7 Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la primera medición	55
Tabla 8 Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la segunda medición.....	56
Tabla 9 Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la tercera medición	57
Tabla 10 Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después del primer momento.....	58
Tabla 11 Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después en segundo momento.....	59
Tabla 12 Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después del tercer momento.....	60
Tabla 13 Características físicoquímico del suelo contaminado por plomo después de la fitorremediación	61
Tabla 14 Prueba de normalidad de la concentración de plomo en suelo contaminado	62
Tabla 15 Comparación de medias del suelo contaminado por plomo después de la fitorremediación.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Técnicas de Fitorremediación.....	27
Figura 2 Proceso de la fitodegradación	28
Figura 3 Proceso de la fitovolatilización	29
Figura 4 Proceso de la fitoextracción.....	30
Figura 5 Proceso de la Fitodegradación.....	32
Figura 6 Proceso de la Rizofiltración	34
Figura 7 Lechuguilla (<i>Sonchus oleraceus</i> L.).....	37
Figura 8 Horizontes del suelo	40
Figura 9 Esquema de la formación del suelo.....	41
Figura 10 Esquema de las fases del suelo.	43
Figura 11 Variación en la concentración de metales en suelos.....	45
Figura 12 Principales vías de exposición al plomo	47
Figura 13 Efectividad de la especie <i>Sonchus Oleraceus</i> en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la primera medición	55
Figura 14 Efectividad de la especie <i>Sonchus Oleraceus</i> en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la segunda medición.....	56
Figura 15 Efectividad de la especie <i>Sonchus Oleraceus</i> en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la tercera medición	57
Figura 16 Efectividad de la especie <i>Sonchus Oleraceus</i> en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después del primer momento.....	58
Figura 17 Efectividad de la especie <i>Sonchus Oleraceus</i> en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después en segundo momento.....	59
Figura 18 Efectividad de la especie <i>Sonchus Oleraceus</i> en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después del tercer momento.....	60
Figura 19 Características físicoquímico del suelo contaminado por plomo después de la fitorremediación	61

RESUMEN

El estudio tiene como objetivo demostrar los efectos de la fitorremediación con la especie *Sonchus Oleraceus* en el restablecimiento del suelo contaminado por plomo, 2023. Siendo un estudio de tipo experimental de nivel aplicativo con; las muestras estuvieron representadas por M1 y M2 con concentraciones de plomo de 1000 y 1800 ug/kg para lo cual de cada muestra se tomó un pre test y tres repeticiones de análisis por muestra (30, 60 y 75 días). Utilizando como técnica la observación. Obteniendo como resultado que realizado la medición en la concentración de nitrato de plomo a 1000 ug/kg se observa un pre test de 526,5 ppm con una reducción a los 30 días de 241,8 ppm; a los 60 días 138,7 ppm y a los 75 días redujo a 127,5 ppm. En la concentración de nitrato de plomo a 1800 ug/kg observando en el pre test 581 ppm con una reducción a los 30 días de 285 ppm; a los 60 días 196,2 ppm y a los 75 días redujo a 185 ppm. En cuanto a las características fisicoquímico se describe que los mayores parámetros de la concentración de 1000 ug/kg fue de conductividad eléctrica con 0,746; la materia orgánica con 1,890; nitrógeno con 0,094; carbono con 1,096; fosforo con 47,7; calcio con 4,434 y el magnesio con 0,600. Del mismo modo, en la concentración de 1800 ug/kg; observando el pH con 8,72; y el potasio con 286,4. Llegando a la conclusión que el *Sonchus Oleraceus* fue efectivo en la fitorremediación.

Palabras claves: fitorremediación, *sonchus oleraceus*, suelos, plomo, contaminación.

ABSTRACT

This objectives of this study is to demonstrate the effects of phytoremediation with the species *Sonchus Oleraceus* in the recovery of soils contaminateds by lead, 2023. Being an experimental study of application level with; The samples will be represented by M1 and M2 with lead concentrations of 1000 and 1800 ug/kg for which a pretest and three repetitions of analysis per sample (30, 60 and 70 days) will be taken from each sample. Usings observations as a techniques. Obtainings as a results that after measuring the concentration of leads nitrate at 1000 ug/kg, a pre-test of 526.5 ppm was observed with a reduction after 30 days of 241.8 ppm; at 60 days 138.7 ppm and at 75 days it reduced to 127.5 ppm. In the concentration of lead nitrate at 1800 ug/kg, observing 581 ppm in the pre-test with a reduction after 30 days of 285 ppm; at 60 days 196.2 ppm and at 75 days it reduced to 185 ppm. Regarding the physicochemical characteristics, it is described that the highest parameters of the concentration of 1000 ug/kg were electrical conductivity with 0.746; organic matter with 1,890; nitrogen with 0.094; carbon with 1,096; phosphorus with 47.7; calcium with 4.434 and magnesium with 0.600. Similarly, in the concentration of 1800 ug/kg; observing the pH with 8.72; and potassium with 286.4. Reaching the conclusion that *Sonchus Oleraceus* was effective in phytoremediation.

Keywords: phytoremediation, *sonchus oleraceus*, soil, lead, contamination.

INTRODUCCIÓN

Se determina que más del 90% del contaminante ambiental como el metal pesado, son conservadas por las partículas de los suelos. También, la presencia significativa de contaminaciones por plomo (Pb) es destacada debido al prolongado tiempo de residencia de este metal pesado.(Gurajala et al., 2019)

Igualmente, las acumulaciones de metal pesado en suelos y aguas representa riesgos tanto para los medios ambientales como para la salud humana, ya que este no podrá degradarse.(Rajkumar et al., 2010)

Frente a esta problemática, resulta imperativo aplicar procesos que puedan remover estos contaminantes del suelo (Vangronsveld et al., 2009) con el propósito de prevenir que ingresen a las cadenas alimentarias o se filtren hacia el manto freático (Zeng-Yei et al., 2010). Aunque la técnica comúnmente empleadas suelen ofrecer buenos resultados, estas son efectivas principalmente en áreas reducidas, además de ser costosas, generar perturbaciones en los suelos y no sea aceptada por la opinión pública en general. Por ello, la fitorremediación, como técnicas de remediaciones de suelos y agua, está en las etapas de desarrollo y ha despertado los intereses de investigadores a nivel mundial en los últimos años.

Por ello, las plantas que pueden translocar demasiada cantidad de metal de los suelos o agua contaminada hacia sus interiores, sin manifestar síntomas ni efecto nocivo, son conocidas como "planta hiperacumuladora".(Tak et al., 2013) Estas plantas suelen tener una baja producción de biomasa (Mahdieh et al., 2013). Donde se evalúan las capacidades de *Sonchus Oleraceus* para absorberse y acumularse plomos en su tejido, ya que la maleza de crecimiento rápido puede ser utilizada para la fitorremediación de suelo contaminado con Pb (Contreras et al., 2016)

Por lo indicado, se ejecuta la siguiente investigación con el objetivo de demostrar los efectos de la fitorremediación con las especies *Sonchus Oleraceus* en las recuperaciones de suelo contaminado por plomo, 2023.

Dicho estudio se estructura en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema donde se realiza la descripción del problema, formulación del problema, limitaciones y viabilidad

En el Capítulo II: Marco teórico donde se abarca los antecedentes, base teórica y conceptual, variables, hipótesis y operacionalización de variables.

De igual manera, el Capítulo III: menciona el Marco metodológico donde se abarca el tipo de estudio, niveles, diseño, población, técnicas e instrumentos, así como las técnica para los procesamientos y análisis de informaciones.

Igualmente, el Capítulo IV: señala el resultado donde se detalla el análisis descriptivo e inferencial

Por último el Capítulo V: muestra la discusión, la conclusion y la recomendacion.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según Puga et al (2006) La contaminación del suelo por plomo es un problema ambiental importante a nivel mundial. El plomo es un metal pesado con un potencial de ser perjudicial para los seres humanos y los animales, y su acumulación en el suelo puede tener efectos negativos en la calidad del suelo y la salud humana.

El plomo (Pb) este es un metal pesado altamente nocivo que tiene la capacidad de acumularse en el suelo debido a diversas actividades humanas, como la minería, la industria y la agricultura. La exposición al plomo puede ser perjudicial para la salud humana y animal, y puede causar daño neurológico, reproductivo y cardiovascular, entre otros efectos. También, la remediación de suelos contaminados por plomo es un problema ambiental importante en todo el mundo.(Godoy & Delvasto 2016)

A nivel global, se estima que hay alrededor de 400 millones de hectáreas de tierra contaminadas por metales pesados, incluyendo plomo. Se han identificado como las fuentes de contaminación por plomo en el suelo son diversas e incluyen actividades como la minería, la fundición de metales, la industria química y la agricultura.(Ortiz et al., 2009)

Por ello, en el Perú, se han registrado diversos casos de contaminación del suelo por plomo. Además, un estudio llevado a cabo en la ciudad de Lima reveló niveles alarmantes de plomo en el suelo en áreas cercanas a fábricas y zonas urbanas densamente pobladas (Tume et al., 2008). Otro estudio realizado en la ciudad de Arequipa identificó que la minería y la industria eran las principales fuentes de contaminación del suelo por plomo (Delgadillo et al., 2011)

En Perú, la contaminación del suelo por plomo es un problema ambiental serio y persistente. El plomo es un metal pesado tóxico que puede ser liberado

en el ambiente a través de diversas actividades humanas, como la minería, la fundición de metales, la industria química y la agricultura

La capital del país, se han identificado niveles preocupantes por el plomo en el suelo en áreas cercanas a fábricas y zonas urbanas densamente pobladas (Tume et al., 2008). Además, un estudio reciente encontró que el 31% de la muestra de suelos recolectadas en las ciudades de Arequipa excedían los límites permisibles de plomo establecidos por la normativa peruana (Fernández et al., 2022)

En la región Huánuco de Perú, también se ha reportado la contaminación de los suelos por plomo. También, un estudio realizado en la ciudad de Huánuco encontró niveles elevados con plomo en los suelos en áreas cercanas a fábricas y zonas urbanas densamente pobladas (Villa, 2014). Otro estudio realizado en la ciudad de Tingo María encontró que la agricultura y la minería eran las principales fuentes de contaminación del suelo por plomo en la región (Sánchez y Rengifo, 2017) .

La presencia de plomo en el suelo constituye un desafío ambiental a nivel mundial, impactando también a Perú y específicamente a la región de Huánuco. Se han reconocido distintas fuentes responsables de la contaminación del suelo con este metal, incluyendo la minería, la fundición de metales, la industria química y la agricultura. La identificación de las fuentes de contaminación es crucial para desarrollar estrategias de remediación efectivas para proteger la salud humana y el medio ambiente.

La fitorremediación es una técnica de remediación de suelos que utiliza plantas para eliminar, degradar o estabilizar contaminantes del suelo. *Sonchus oleraceus*, también conocido como lechuga silvestre, es una especie de planta que se ha utilizado en algunos estudios de fitorremediación del suelo contaminado por plomo (Melnani, 2017).

En ese sentido, la presente investigación tiene como fin realizar la fitorremediación, la cual implica las utilizaciones de planta que actúan en conjunto para disminuir la concentración o mitigar el efecto tóxico del

contaminante en el ambiente; como es el caso de la especie *Sonchus Oleraceus*. Dada esta situación se plantea lo siguiente.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto de la fitorremediación con la especie *Sonchus Oleraceus* en la recuperación de suelos contaminados por plomo, 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son las características físicoquímico del suelo contaminado por plomo antes y después de la fitorremediación con la especie *Sonchus Oleraceus*?

¿Cuál es la concentración de plomo en el suelo antes y después de la fitorremediación con la especie *Sonchus Oleraceus*?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Demostrar el efecto de la fitorremediación con la especie *Sonchus Oleraceus* en la recuperación de suelos contaminados por plomo, 2023

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar las características físicoquímico del suelo contaminado por plomo antes y después de la fitorremediación.

Comparar la concentración de plomo en el suelo antes y después del uso de la especie *Sonchus Oleraceus*.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Un estudio realizado por (Surat et al., 2008) evaluó la capacidad de *S. oleraceus* para remover plomo del suelo en condiciones de invernadero.

Los resultados mostraron que la especie de planta fue capaz de reducir significativamente los niveles de plomo en el suelo.

Otro estudio realizado por (Kumar et al., 2014) evaluó la capacidad de varias especies de plantas, incluyendo *S. oleraceus*, para remediar suelos contaminados por plomo en un sitio minero abandonado.

Los resultados mostraron que *S. oleraceus* fue capaz de acumular grandes cantidades de plomo en sus tejidos y reducir significativamente los niveles de plomo en el suelo.

En el presente la condición que presenta el suelo contaminado por plomo hace notar que no se puede darle unas recuperaciones óptimas, esto desfavorecerá las calidades de suelos, darles unas alternativas para poder mitigarse ese problema y recuperarse los ecosistemas son de suma importancia.

Con esta tesis se requiere colaborar en los desarrollos, y mejoras de la condición del suelo contaminado por plomo, puesto que hasta la actualidad se considera al plomo como uno de los contaminantes más nocivos sobre el medio ambiente y es un elemento tóxico, que contamina los suelos, agua y aire.

La presente tesis se sitúan en la mejora de las calidades del suelo, contaminado por acumulaciones de plomo, realizando el uso de la fitorremediación, que se convierte en la tecnología prometedora y a diferencia a otras técnicas que tienen limitaciones, ya sean caras y no amigable con el medio ambiente

De ahí que acorde al lugar y la zona estudiada se busca ejecutar un método de fitorremediación, el resultado que se obtenga de esta investigación servirá para contribuirse a una nueva investigación realizando usos de la fitorremediación, asociadas a la nueva tecnología y encontrar su mejor solución a las problemáticas de contaminación de suelo.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La limitación identificada en la tesis abarca el costo económico asociado con el análisis de los parámetros establecidos, la situación actual de la emergencia sanitaria es una limitación para todos los trámites administrativos y análisis de las muestras.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VIABILIDAD EN RECURSOS TEÓRICOS

Teóricamente, esta propuesta es factible ya que se fundamenta en base teórica y conceptual debidamente referenciadas y citadas en la sección del marco teórico del documento.

1.6.2. VIABILIDAD EN RECURSOS FINANCIEROS

Es viable económicamente contradiciendo la limitación descrita pues los recursos económicos necesarios para realizarse dichos estudios esta a cargo de los investigadores.

1.6.3. VIABILIDAD EN RECURSOS METODOLÓGICOS

Esta propuesta es viable dado que se dispone de antecedentes y un marco teórico sólido que respalda el planteamiento de la tesis.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Núñez, (2022) en su artículo titulado "Aplicación de técnicas de fitorremediación en suelos contaminados con plomo y cadmio", se propuso analizar la eficacia de diversa técnica de fitorremediación en el suelo afectado por plomo (Pb) y cadmio (Cd). El objetivo principal era seleccionarse las especies vegetales que, al ser cultivada en suelo degradado, pudiera absorber estos metales. Además, la metodología empleada abordó la característica del suelo, los tipos de compostas o enmiendas orgánicas utilizadas así como la metodología y la evaluación de datos. Se llevaron a cabo el proceso de fitorremediación mediante la especie vegetal *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, Maíz, *Pennisetum setaceum* y *Tradescantia pallida*; sembrada en diferente tipo de suelos. Evaluado el dato se procedió a los análisis con la especie *Lolium perenne*, Maíz y *Tradescantia pallida*, sembrada en diferente tipo de suelos. Después de evaluar ls data, se realizó un análisis detallados de la especie *Lolium perenne*, maíz y *Tradescantia pallida*, ya que demostró tener la mejor propiedad. Los resultados revelaron que las especies vegetales *Tradescantia pallida* destacó, logrando concentraciones totales de Pb de 330,9 mg/kg y Cd 21,23 mg/kg, FBC raíz de 0,92 y FT de 0,53 para Pb, FBCraíz de 22,1 y FT de 0,2 para Cd; alcanzan la mejor propiedad para retenerlos el Pb y Cd por las técnicas de fitoestabilización, en comparaciones con la planta de Maíz y la *Tradescantia pallida*. A pesar de haber sido cultivada en suelos antropogénicos con altos contenidos de contaminantes debido a su pasado como vertedero, *Tradescantia pallida* acumuló concentraciones de Pb en la parte aérea y Cd en la raíz (114,1 mg/kg y 17,03 mg/kg, respectivamente) que superaron a otras especies investigadas. En consecuencia, se concluye que *Tradescantia pallida* puede ser

seleccionada para las remediaciones de suelo contaminados con Pb y Cd, demostrando su eficacia incluso en condiciones de contaminación severa.

Álvarez, (2019) menciona en su tesis titulada *"Tratamientos de suelo contaminado por metal mediante combinaciones de técnica de fitorremediación con adiciones de biochar"*, tuvo como objetivo principal investigar el impacto de la adición de biochar derivados de residuo ganadero en suelo contaminado por metal, así como su combinaciones con unas técnicas de fitorremediación. La metodología empleada comprendió la selección de 10 suelo proveniente de 3 zonas minera en España, la preparación de biochar apartir de residuo ganadero como gallinaza y estiércoles de conejos, pirolizado a temperatura de 300, 450 y 600°C. po lo cual, se estudió la propiedad físico-química del biochar y el suelo contaminado por minerías. Se seleccionaron 4 biochar para sus adiciones en un 10% en masas como enmiendas orgánicas en suelo contaminado por minerías. Se analiza los efectos de las adiciones de este 4 biochares en las respiraciones, así como en la propiedad química y biológica del suelo afectado por las minerías. Los resultados obtenidos indican que las adiciones de biochar ocasiona un aumento en el pH y las conductividades eléctricas (CE) de los suelos, generando resultado variable en la biomosas microbianas, la actividad enzimática y la movilidades del metal pesado, dependiendo del tipo de suelos y biochar utilizados. En conclusión, se evidenció que las plantas son capaces de incrementar su biomosas vegetales y actuar como acumuladoras de metal en su hoja, mientras que, con un biochar específico (BEC 450/3), logra la fitoestabilización de arsénico (As) en sus raíces.

Pajoy, (2017) Menciona en su tesis *"Potenciales fitorremediador de 2 especie ornamental como alternativas de tratamientos de suelo contaminado con metal pesado"* se plantea como objetivo principal la evaluación del potencial fitorremediador la especie vegetal Tradescantia pallida y Pennisetum setaceum. Además, la metodología utilizada consistió en la instalación de parcela in situ en el Morro de Moravia,

utilizando el factor como el bioconcentración (BFC), el Factor de Translocación (TF) y observaciones visuales para evaluarse las tolerancias de ambas especie en 3 parcela de investigación con distinta característica de pendientes, sentidos cardinales y altitudes. Se registraron datos de Cd, Cr, Ni, Pb, pH, Materias Orgánicas (MO), texturass, Capacidades de Intercambios Catiónicos (CIC), nitrógenos y fósforos disponibles en el sustrato ante de la siembras de la planta en las 3 parcelas, revelando un pH básicos cercanos a 8 en todos los sustratos. Los resultados obtenidos indican que la Tradescantia pallida presentó concentracion máxima en su raíz de Cd a los 9 meses en las parcelas B (19.6 ppm), Cr al 3.5 mes en las parcelas B (177 ppm), de Ni a los 3.5 mes en las parcelas B (214.9 ppm) y de Pb a los 9 mes en las parcelas B (457.62 ppm), por lo cual, el Pennisetum setaceum presentan concentracion máxima en su raíz de Cd a los 12 meses en las parcelas B (9.7 ppm), de Cr a los 12 meses en la parcela B (103.3 ppm), de Ni a los 12 meses en las parcelas B (821.6 ppm) y de Pb a los 12 meses en la parcelas B (164.6 ppm). En conclusión, la especie Pennisetum setaceum y Tradescantias pallidas se clasifica como metalofitas, demostrandose sus capacidades para tolerarse y adaptarseles a sitios con elevada concentracion de metal pesado. Además, presentan un destacado potencial fitorremediador al ser capaces de remediar suelos contaminados por metales.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Febres, (2019) en su tesis: “*Remediaciones de suelo contaminado con plomo (pb) mediante los empleos de girasoles (Helianthus Annuus) y estiércol de lombrices rojas (Eisenia Foetida) en condicion controlada*”, tuvo por objetivos evaluarse las capacidades remediadoras del girasoles (Helianthus annuus) y estiércoles de lombrices (Eisenia foetida) en suelo contaminado con plomos. Se siguieron las siguientes metodologías de trabajos primero para las ejecuciones de estudios se recopilaron los materiales necesarios y se instalaron en ambientes de invernaderos de propagaciones de planta cultivada de la Facultad de Agronomía de la

UNAS. La condición de cuidados y tratamientos fue controlada, a fin de contarse con el resultado comparativo. Para los desarrollos de la tesis, se evaluó 4 tratamientos, lo que consiste en: Tratamientos T1: Suelos contaminados con Pb + estiércoles de lombrices + girasoles; Tratamientos T2: Suelos contaminados con Pb + estiércoles de lombrices; Tratamientos T3: Suelos contaminados con Pb + girasoles y Tratamientos T4: Suelos contaminados con Pb. De análisis, procesamientos de data y gestiones de resultado, se obtuvieron que los tratamientos T2 logró mayores remociones de plomos de suelos contaminados con unas eficiencias del 81,21 %. Estos resultados presentan diferencias estadísticas significativas en relaciones al tratamiento T1, T4 y T3. Aunque todo el tratamiento remediado del plomo (Pb) por debajo del ECA nacional (Estándares de Calidad Ambiental) para suelo agrícola (70 ppm Pb). Finalmente se concluyó que las utilidades de girasoles (*Helianthus Annus*) y estiércoles de lombrices rojas (*Eisenia Foetida*) permiten inmovilizarse el Pb en los suelos a través de sus absorciones y acumulaciones en la raíz o bien, por percolación en las capas de la rizosferas, a través del mismo se reducen las movilidades del contaminante y reduce su propagaciones al agua subterránea.

Melgarejo, (2018) menciona en su tesis titulada el "*Efectos de microorganismo eficiente en las actividades fitoextractora de Helianthus annuus L. en suelo contaminado con metal pesado por mineras en Samne*" donde los objetivo principal fue llevar a cabo la fitoextracción de metal pesado en suelo contaminado en Samne mediante la aplicación de tratamientos con microorganismos eficientes junto con *Helianthus annuus L.* La metodología adoptada en la investigación se basó en diseños cuasi experimentales con pre pruebas-post pruebas y grupos de control, utilizandose unas muestras de 5 puntos representativo de suelos contaminados con metal pesado en Samne. Los metodos de análisis estadísticos correspondió a diseños completamente aleatorizados. Las concentraciones de metal pesado se determinaron en los laboratorios Servicio de Análisis y Asesorías DELTAS mediante los métodos de

absorciones atómicas a las llamas, evaluando tanto las concentraciones pre prueba como post prueba. Los resultados obtenidos indican notables capacidades de fitoextraer metales de: Pb (44.95%), seguido de Fe (30.94%), Cu (29.91%), Cr (28%), Hg (26%), Mn (23%), Cd (15.95%) con una reducción del 15.95%, todo ello mediante las aplicaciones de una dosis de microorganismo eficiente al 10%. En conclusión, los tratamientos con microorganismo eficiente y *Helianthus annuus* L. presentaron un efecto positivo al demostrar su capacidad para fitoextraer metales pesados del suelo contaminado. Es relevante destacar que, de los siete metales estudiados, tres de ellos (Cd, Hg y Pb) lograron reducir sus concentraciones, cumpliendo así con los estándares establecidos por el ECA-Suelo (D.S. N°002-2013-MINAM).

Tello, (2019) En su tesis titulada la "*Eficacias de acumulaciones de las ortigas (Urtica Urens) para las fitorremediación de suelo contaminado con plomos en la Provincia Constitucional del Callao, 2018*" (Tello, 2019), el objetivo principal fue determina las eficiencias de acumulaciones de las ortigas (*Urtica Urens*) para llevar a cabo la fitorremediación de suelo contaminado con plomos en la Provincia Constitucional del Callao durante el año 2018. La metodología empleada fue realizadas ex situs con diseños experimentales que incluyó 5 veces Se llevaron a cabo análisis antes y después del tratamiento utilizando muestra de suelos contaminados en la mencionada provincia. El periodo de estudio fue de 2 meses, durante las cuales se evaluó las acumulaciones de plomos en la hoja y raíz de las ortigas. Además, el resultado obtenidos indicaron que las ortigas lograron acumularse 80.09 mg/kg en sus hojas y 26.29 mg/kg en sus raíces. Las concentraciones iniciales de plomos en los suelos fue de 1399.39 mg/kg, mientras que la concentraciones finales fue de 1161.55 mg/kg, lo que representa unas disminuciones de 237.83 mg/kg de plomos. En conclusión, las ortigas (*Urtica Urens*) demostró sus capacidades para acumularse plomos presentes en suelos de la Provincia Constitucional del Callao. La planta logró acumular en total 237.83 mg/kg, tanto en hoja como en raíz, alcanzando niveles de eficiencias del 17% en relaciones con las concentraciones iniciales de

plomos. Estos resultados sugieren que la ortiga puede ser considerada como una planta efectiva en la fitorremediación de suelo contaminado con plomo, ya que tiene la capacidad de acumular este metal en sus estructuras morfológicas.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Paredes, (2021) *En su tesis "Efectos de la fitorremediación con 2 variedades de ortigas (Urtica urens L. y Urtica dioica L.) En las calidades de suelos usados como botaderos a cielos abiertos, Marabamba, provincia y departamento de Huánuco - 2021"* el objetivo principal fue demostrarse los impactos de la fitorremediación utilizando dos las variedades de ortigas (Urtica urens L. y Urtica dioica L.) en las calidades del suelos utilizándose como botaderos a cielos abiertos en Marabamba, provincia y departamento de Huánuco. Las metodologías empleadas fue de tipos experimentales, con 2 grupo operacional y 4 repeticiones. Se llevó a cabo análisis de parámetro físico, químico y biológico de suelos, además de las evaluaciones de 3 metales pesados (plomos, cadmios y zincs) en comparaciones con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Suelos, aprobado por el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. Además, el resultado obtenido demostró que, en el análisis mecánicos iniciales y finales, los suelos se clasificaron como francos arenosos con amba variedad de ortigas. Se observa efectos significativos en las reducciones de 80.5 ppm de Pb. y de 1.64 ppm Cd con Urtica urens L y 92.5 ppm de Pb. y 1.575 ppm de Cd con Urtica dioica L.; el pH pasó de ligeramente alcalino (7.39) a moderadamente alcalino (7.9) con Urtica urens L, mientras que con Urtica dioica L. el pH cambió de 7.38 a 7.8, manteniéndoseles dentro de los rangos de ligeramente alcalinos. Suelos de Urtica urens L. tuvo valor de M.O.= 0.195, N = 0.0075%, P = 06 ppm y K = -7.5 ppm, mientras que el de Urticas dioicas L. evidenciaron M.O.=0.4975 ppm; N = 0,0075 %; P = 11.75 ppm y K = 44.25 ppm. En conclusiones, Urtica urens L. tuvieron efectos sobre el indicador químico de suelos (pH; M.O.; P; N; K), en las reducciones de metal pesado (Pb

y Cd) y en las estimulaciones de microorganismo benéfico mientras que *Urticas dioicas* L. tuvo menor efecto sobre el mismo indicador.

Dávila, (2020) menciona en su tesis la *"Recuperaciones de suelos contaminados por plomos con vetiverias (Chrysopogon Zizanioides) baja condicion de viveros en La Esperanza – Amarilis – Huánuco, Abril – junio 2019"* donde el propósito principal fue indicar las recuperaciones de suelo contaminado por plomos utilizando vetiverias en condicion de viveros en La Esperanza. Además, las metodologías del estudio se basó en ensayos que se implementó bajo diseños experimentales con 3 tratamientos: T1 con 6 estaca, T2 con 8 estaca y T3 con 12 estaca de vetiverias, cada uno con 5 repeticiones, totalizandose 15 unidades experimental. La variable evaluada fue: concentraciones residuales de plomos, números y longitudes de macollos y hoja de vetiverias. De igual forma el resultado reveló que las densidades de planta de vetiverias no tuvieron impactos estadísticamente significativas en las concentraciones residuales de plomos. También, el análisis de suelos contaminados indica aumentos en los niveles de plomo. Además, la biomasa aérea de vetiveria, medida a través del números y las longitudes de macollos y hoja por plantas, se vio afectada a inicios de ensayos, pero las plantas demostraron las capacidades de sobrevivir a pesarse de la condicion desfavorable de suelos. Como conclusión, se sugiere realizar seguidamente los estudios, considerandose el análisis de las materias orgánicas y el pH de suelos o sustratos de la maceta. Esto permitirá garantizar las movilidades de plomos en las soluciones de suelos y verificar las absorciones de plomos por la planta de vetiverias.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. FITORREMEDIACIÓN

Esta se refiere a los conjuntos de tecnología que utiliza plantas para la limpieza o restauración de entornos contaminados, como aguas, suelos y aire. Este concepto, acuñados en 1991, se componen de la palabra griegas "Fito" que significan plantas o vegetales, y "remediar" del

latín, que significa corregir o enmendar. En esencia, la fitorremediación implica remediar daños mediante plantas o vegetales (Núñez López et al., 2004).

Por lo tanto, la fitorremediación capitaliza las capacidades de cierta planta para absorberse, acumularse, metabolizarse, volatilizarse o estabilizar contaminante presente en suelo, aire, aguas o sedimento, como metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y derivados del petróleo.

Estas tecnologías fitoquímicas ofrecen ventajas significativas, como su amplia aplicabilidad y bajo costo en comparación con los métodos fisicoquímicos actuales (Delgadillo López et al., 2011a).

En un sentido más completo, la fitorremediación puede definirse como una tecnología sostenible que utiliza plantas para reducir in situ la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos en suelos, sedimentos, agua y aire. Este proceso implica bioquímicos realizados por plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíces, que conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de diversos tipos de contaminantes (Núñez López et al., 2004).

Por ello, la fitorremediación, surgida en los años ochenta, es un método natural que emplea plantas, hongos o algas para descontaminar suelos, agua o aire. Aprovecha la capacidad natural de las plantas para tratar aguas residuales y descontaminar aire y suelos que requieren recuperación (Isan, 2017).

Por lo tanto, los avances tecnológicos en el tratamiento de ambiente contaminado con metal tóxico ha llevado los desarrollos de alternativa basada en usos de organismo vivo para prevenirse o restaurarse daños causado por actividades antropogénica que altera la estabildades de diversas ecosistemas. A tal efecto, destacan la biorremediación, procesos naturales que utilizan sistemas biológicos que son capaces de eliminarse atraves de contaminante orgánico e

inorgánico de ambientes determinados debido a su capacidad de utilizar compuestos del ambiente y transformarlos en células. Marrero et al., (2012).

2.2.1.1. MECANISMOS DE FITORREMIEDIACIÓN

Últimamente se han generados nueva terminologías basadas en el papel de las planta durante los procesos de remediaciones, así como del principal mecanismo implicado, de modo que se han establecido la siguiente estrategia de fitorremediación:

Tabla 1

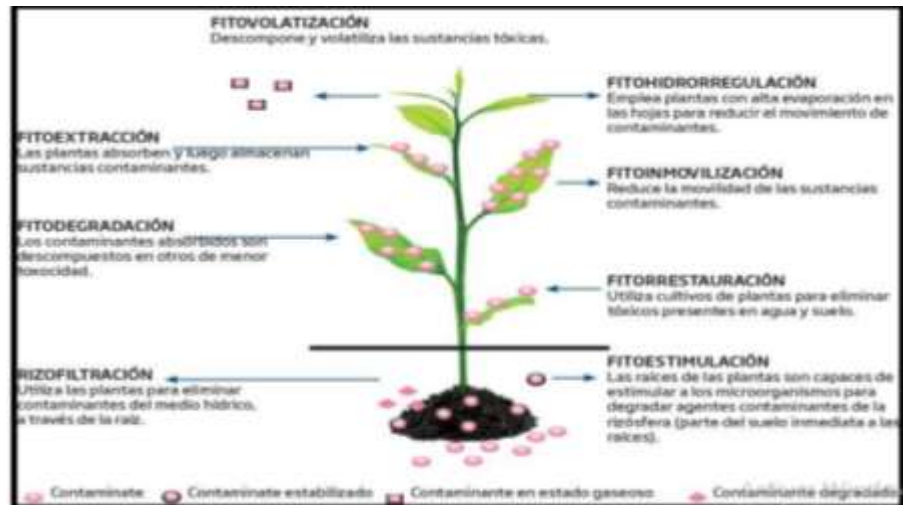
Mecanismos de fitorremediación

Proceso	Mecanismo	Contaminantes
Fitoestabilización	Complejación	Orgánicos e inorgánicos
Fitoextracción	Hiperacumulación	Inorgánicos
Fitovolatilización	Volatilización a través de las hojas	Orgánicos e inorgánicos
Fitoimmobilización	Acumulación en la rizosfera	Orgánicos e inorgánicos
Fitodegradación	Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes	Orgánicos
Rizofiltración	Uso de raíces para absorber y adsorber contaminantes del agua	Orgánicos e inorgánicos

Nota. La información fue recolectada de A reviews on phytoremediations of heavy metal and utilization of its by-products. Applied Ecology and Environmental Researchs., (Ghosh, 2005).

Figura 1

Técnicas de Fitorremediación



Nota. la estructura de la planta donde se lleva a cabo las técnicas de fitorremediación. (Cortez, 2019)

a) Fitodegradación o fitotransformación

Se refiere al empleo de plantas con el propósito de descomponer o convertir diversos contaminante orgánico como hidrocarburo aromático polinuclear, hidrocarburo total de petróleos, plaguicida (herbicidas, insecticidas y fungicidas), compuesto clorado, explosivo y surfactante (detergentes). En sustancias menos perjudiciales. Este proceso se lleva a cabo mediante reaccion enzimática que son ejecutadas por plantas y microorganismo presente en la rizósferas, las zonas de suelos estrechamente vinculada a la raíz de la planta. Como resultado de estas reacciones, los contaminantes son degradados o transformados de manera parcial o completa. En consecuencia, las plantas los incorporan y los retienen en sus vacuolas o los unen a estructuras celulares insolubles, como la lignina (Núñez López at al., 2004)

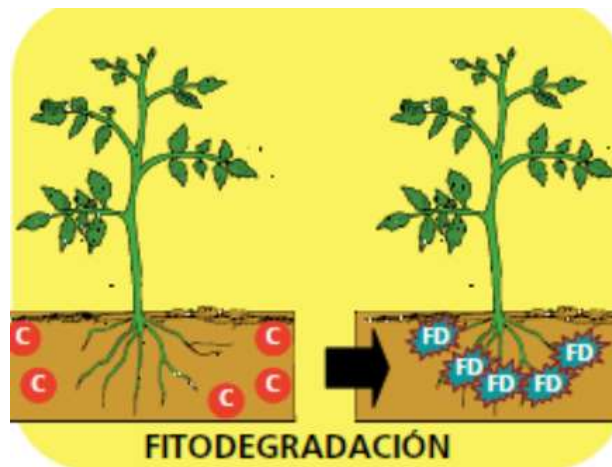
Por ello, la Fitodegradación implica la conversión de contaminante orgánico en molécula más simple. En algunas situaciones, los subproductos de este proceso benefician el crecimiento de la planta, mientras que en otro caso, el

contaminante experimenta biotransformación (López Martínez et al., 2005).

En algunas circunstancias, los productos del proceso de degradación representan una utilidad para la planta al facilitar sus crecimientos; en otras situaciones, el contaminante experimentan biotransformación (López Martínez et al., 2005).

Figura 2

Proceso de la fitodegradación



Nota. La ilustración muestra la forma como se realiza el proceso de fitodegradación. (Molina, 2011).

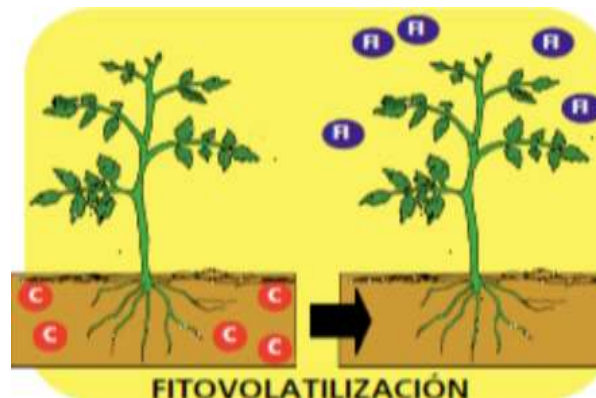
b) Fitovolatilización

Ciertas plantas tienen las capacidades de volatilizar determinados contaminantes, como los mercurios y los selenios, presente en suelo, sedimentos o agua. Estos contaminantes son absorbidos, metabolizados y transportados desde las raíces hasta las partes superiores de la planta, para luego ser liberados a la atmósfera en formas volátiles. Estas formas resultan ser menos tóxica o relativamente menos peligrosa en comparaciones con su forma oxidada original. Además, las transformaciones principales de este elemento tiene lugar principalmente en las raíces, y las liberaciones se llevan a cabo durante el proceso de transpiraciones (Núñez López et al., 2004).

La fitovolatilización: uso de plantas con el propósito de eliminar contaminantes del entorno mediante su volatilización, así como para la eliminación de contaminantes del aire (Carpena y Bernal, 2007).

Figura 3

Proceso de la fitovolatilización



Nota. La ilustración muestra la forma como se realiza el proceso de Fitovolatilización. Molina, (2011).

c) Fitoextracción

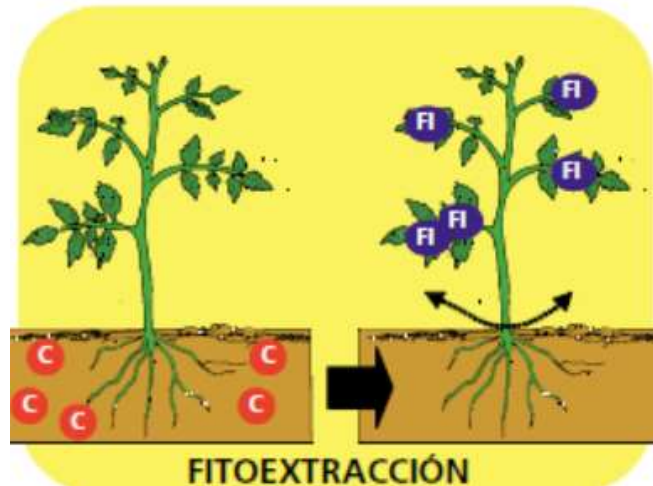
Implican las absorciones de metal contaminantes a través de la raíz de la planta, acumulándolos en tallo y hoja. Además, el primer paso en las aplicaciones de estas técnicas consiste en seleccionar la especie de planta más apropiada para el metal presente y la condición del lugar. Una vez que las plantas han completado su desarrollo vegetativo, el siguiente paso es cortarla y llevar a cabo su incineración, trasladándose la ceniza a vertederos seguros. También, la fitoacumulación puede repetirse de manera continua hasta que la concentración restante de metales en el suelo alcance niveles considerados aceptables (Delgadillo López et al., 2011).

Por ello, la fitoextracción o fitoacumulación implican las absorciones de contaminante a través de la raíz; las capacidades que tienen cierta planta para acumular contaminante en sus raíces, tallo o follajes.

Este fenómeno han sido objeto de extensos estudios, especialmente en plantas que tienen la capacidad de acumular metales, y más recientemente, se ha investigado también su aplicabilidad con materiales radioactivos (López Martínez et al., 2005).

Figura 4

Proceso de la fitoextracción



Nota. La ilustración muestra la forma como se realiza el proceso de fitoextracción. Molina, (2011).

d) Fitoimmobilización

La utilización de las raíces de la planta para fijar o inmovilizarse el contaminante en el suelo representa una técnica de contención, al igual que la fitoextracción o fitoacumulación mencionada anteriormente (Carpena y Bernal, 2007).

Igualmente, la fitoimmobilización provoca las sujeciones y reducciones de la biodisponibilidades del contaminante al generar compuesto químico en las interfaces de suelos-raíz. Estos compuestos inactiva la sustancia tóxica a través de proceso de absorción, adsorción o precipitaciones (Delgadillo López et al., 2011).

Estas técnicas implican la utilización de plantas que inmovilizan o disminuyen la biodisponibilidad de los contaminantes.

Este proceso se lleva a cabo mediante las absorciones y acumulaciones en la raíz, ya sea por la absorción directa sobre las mismas o mediante la formación de compuestos insolubles en la rizosfera (Cubillos, 2022).

e) Fitodegradación

Implica la conversión de contaminante orgánico en molécula más simple.

En ciertos momentos, el producto generados durante las degradaciones pueden contribuir a estimular el crecimiento de la planta, mientras que en otras instancias, los contaminantes experimentan procesos de biotransformación (López Martínez et al., 2005).

La fitodegradación (FD) se define como la utilización de planta y microorganismos vinculado a su raíz para degradarse contaminante orgánico en un sustratos sólidos, que puede ser suelo o desecho industrial. Es importante destacar que este métodos no es aplicables a metal y metaloide. (Molina, 2011).

La técnica, también conocida como fitotransformación, implica la elección y utilización de plantas que poseen la capacidad de degradar los contaminantes que han absorbido. Además, en la fitodegradación, enzimas específicas presentes en algunas plantas inducen la ruptura de las moléculas de los compuestos contaminantes, transformándolas en moléculas más pequeñas, que son no tóxicas o menos tóxicas (Lifeder, 2018).

➤ Fitodegradación o fitotransformación

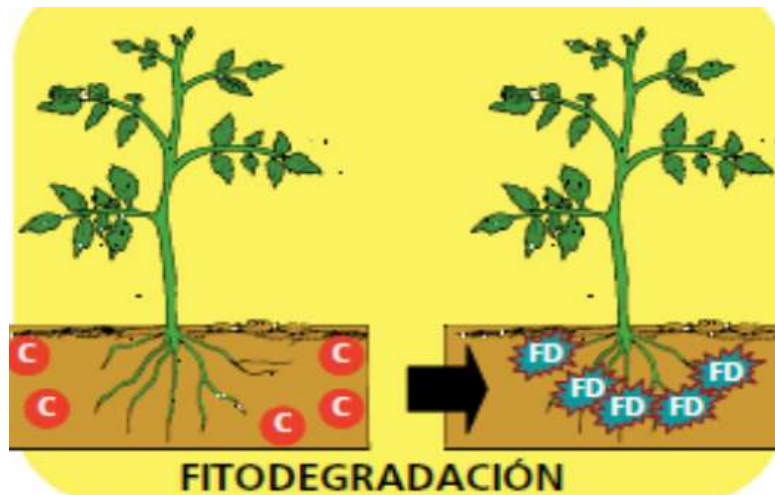
Se fundamenta en la utilización de plantas para descomponer o cambiar diverso tipo de contaminante orgánico, como hidrocarburo aromático polinuclear, hidrocarburo total del petróleo, plaguicida (herbicida, insecticida y fungicida), compuesto clorados,

explosivos y surfactantes (detergentes), en sustancias menos tóxicas.

Este proceso se lleva a cabo mediante reacciones enzimáticas realizadas por plantas y microorganismos en la rizósfera, en otras palabras, la región del suelo estrechamente asociada a las raíces de las plantas. Estos contaminante parcial o completamente degradado como resultados de dicha reaccion (Núñez López et al., 2004).

Figura 5

Proceso de la Fitodegradación



Nota. La ilustración muestra la forma como se realiza el proceso de Fitodegradación. Molina (2011).

f) Rizofiltración

Cuando la degradación de contaminantes es llevada a cabo por la actividad de microorganismos que residen en las raíces de las plantas, la técnica de remediación se conoce como rizorremediación (Lifeder, 2018).

La fitoextracción se refiere al empleo de planta para extraerse contaminante, ya sea inorgánico u orgánico, de medio líquido como agua y ril industrial. En este proceso, las planta absorbe el contaminante de interés (C) desde los medios líquidos y la concentra en sus tejido, donde se transforman en formas inocuas

(FI). Posteriormente, las plantas son cosechadas, incineradas y las cenizas se disponen de manera adecuada, según lo señala (Molina, 2011).

Rizofiltración: Se fundamenta exclusivamente en el cultivo de raíz de planta terrestre con una elevadas tasas de crecimientos y amplias áreas superficiales en sistema hidropónico. Su objetivo es absorber, concentrarse y precipitar metal pesado presente en agua residual contaminada.

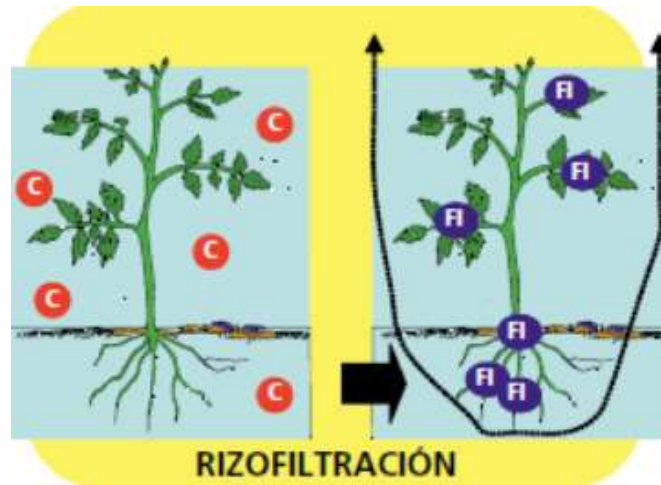
Este enfoque destaca las estrategia de fitorremediación, que hace referencias al mecanismo predominante realizado por la propia planta. No obstante, también se reconoce los papeles que desempeña las comunidades microbianas en algunos casos durante el proceso de remediación.

De esta manera, queda claro que la fitorremediación son procesos complejos que implica las participaciones activas de las comunidades microbianas asociadas a los sistemas de raíces de las plantas. Además, cada una de las estrategias dentro de la fitorremediación presenta condiciones específicas, principalmente determinadas por el tipo de contaminante y el sustrato que se está tratando, ya sea suelos, sedimentos o agua (Núñez López et al., 2004).

En términos generales, las accion correctiva para contaminante orgánico abarca la fitodegradación (o fitotransformación) y la fitoestimulación. De lo contrario, para el metal pesado, incluido metaloides, radionúclidos y ciertos tipos de contaminantes orgánicos, se implemente la fitovolatilización, la fitoestabilización, la fitoextracción y la rizofiltración (Núñez López et al., 2004).

Figura 6

Proceso de la Rizofiltración



Nota. La ilustración muestra la forma como se realiza el proceso de Rizofiltración. Molina (2011).

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN SEGÚN EL LUGAR EN QUE SE REALIZA EL PROCESO DE REMEDIACIÓN

- **In situ.** Se refiere a las aplicaciones en las cuales el suelo contaminado es tratado o los contaminantes son eliminados del suelo contaminado sin necesidad de excavar el lugar. En otras palabras, estas acciones se llevan a cabo en el mismo sitio donde se encuentra la contaminación.
- **Ex situ:** Implica la necesidad de realizar excavaciones, dragados u otros procesos para extraer el suelo contaminado antes de su tratamiento. Este tratamiento puede llevarse a cabo en el mismo lugar (on site) o fuera de él (off site) (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2022).

Tabla 2*Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación in situ y ex situ*

	In situ	Ex situ
Ventajas	Permiten tratar el suelo sin necesidad de excavar ni transportar	Menor tiempo de tratamiento
	Potencial disminución en costos	Más seguros en cuanto a uniformidad: es posible homogeneizar y muestrear periódicamente
Desventajas	Mayores tiempos de tratamiento	Necesidad de excavar el suelo
	Pueden ser inseguros en cuanto a uniformidad: heterogeneidad en las características del suelo	Aumento en costos e ingeniería para equipos
	Dificultad para verificar la eficacia del proceso	Debe considerarse la manipulación del material y la posible exposición al contaminante

Nota. La información fue adaptada del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2022.

2.2.2.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FITORREMEDIACIÓN

➤ **Sus ventajas**

- La fitorremediación ofrece la posibilidad de mejorar la calidad del aire, suelo y agua de manera natural, prescindiendo del uso de productos químicos. De todas formas, la elección adecuada de las plantas es crucial para la preservación o recuperación de diversos ecosistemas, por lo que este aspecto debe ser cuidadosamente considerado.
- Un aspecto destacado es que la fitorremediación permite purificar el entorno sin trasladar el problema a otro lugar, a diferencia de otros métodos de descontaminación que involucran el uso de productos químicos o la simple reubicación de la contaminación. Esto la convierte en una solución más ecológica.

- Entre sus grandes ventajas se encuentran su efectividad, seguridad, rentabilidad y la posibilidad de aplicación en grandes superficies de manera versátil y escalable.
- Su utilización resulta especialmente beneficiosa para abordar la contaminación de tierras de cultivo, no solo porque es una problemática común, sino también por su contribución a resolver la persistente y delicada cuestión de la seguridad alimentaria (Isan, 2017).

➤ **Desventajas o limitaciones**

En primer lugar, es crucial no pasar por alto el hecho de que se utilice la ingeniería genética para mejorar los resultados. Sin embargo, si esta manipulación genética afecta el equilibrio del ecosistema, podría representar un inconveniente que limitaría su uso, haciéndolo poco recomendable.

La razón es sencilla: aunque la planta pueda absorber, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire o agua, siempre se enfrentará a un límite, que es inherente a su propia capacidad. Por lo tanto, las contaminaciones que superen estos niveles no podrán ser tratadas mediante este método.

No debemos olvidar que algunas plantas, hongos o algas poseen algunos niveles distintos de resistencia y adaptabilidad.

Dado que se trata de un método natural, su ritmo no es instantáneo. Por el contrario, la fitorremediación es un proceso que generalmente demanda un extenso periodo de tiempo.

La renovación de la mayoría de los ecosistemas dañados solo es posible a largo plazo; sin embargo, en ocasiones, este proceso puede acelerarse mediante el uso de plantas transgénicas mencionadas y la aplicación complementaria de bacterias.

Finalmente, los suelos contaminados a una profundidad considerable, más allá del alcance de las raíces, no podrían recuperarse utilizando este sistema (Isan, 2017).

2.2.3. LECHUGUILLA (*SONCHUS OLERACEUS L.*)

Es conocida como cerraja, es una planta que se caracteriza por tener hojas perennes y alcanzar una altura típica de 50 a 80 cm. Sus hojas están divididas en segmentos con bordes dentados, y en la base de las hojas, hay dos gajos triangulares que rodean el tallo. Esta planta libera un látex característico a partir de los tallos y las hojas. Sus flores son de color amarillo y suelen agruparse en ramilletes de 4 a 5 flores (Portillo, 2019).

Figura 7

Lechuguilla (Sonchus oleraceus L.)



Nota. La ilustración muestra como es la apariencia de una Lechuguilla. (Moll, 2021).

Este tipo de plantas, como la lechuguilla o cerraja, se encuentra en la península ibérica abarcando casi todo el territorio. Por lo general, su hábitat incluye zonas de huertas y ribazos donde el suelo tiene una mayor concentración de nitrógeno.

Aunque, también tiene la capacidad de crecer en otras áreas como las riberas de los ríos y altitudes de hasta aproximadamente 2,000 metros. Además, muestra una buena resistencia a la salinidad, lo que le permite desarrollarse normalmente en zonas cercanas a la costa (Portillo, 2019).

Tabla 3*Taxonomía de la Lechuguilla (Sonchus oleraceus L.)*

Reino	Plantae
Subreino	Traqueobionta (plantas vasculares)
División	Magnoliophyta (plantas con flor)
Clase	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Subclase	Asteridae
Orden	Asterales

Nota. La información fue adaptada de Sonchus oleraceus L.- Lechuguilla común. Roldan, (2009).

2.2.4. SUELOS CONTAMINADOS

El suelo es el foco central de estudio en la edafología. Se conceptualiza al suelo como un ente natural con una estructura organizada, en constante transformación, cuya formación y evolución están influenciadas por factores bióticos y abióticos. Estos factores incluyen el clima, organismos, relieve y tiempo, todos interactuando sobre el material parental, que es la roca madre (Souza, 2012).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (2022) El suelo se define como el medio natural que proporciona las condiciones necesarias para el crecimiento de las plantas. Además se describe como un cuerpo natural que comprende capas de suelo, conocidas como horizontes del suelo.

Estas capas están compuestas de materiales que resultan de la meteorización de minerales, así como de materia orgánica, aire y agua.

Igualmente, el suelo se forma como producto final de la interacción entre el tiempo, el clima, la topografía, los organismos (flora, fauna y ser humano) y los materiales parentales (rocas y minerales originales). Este proceso resulta en diferencias entre el suelo y su material parental en términos de textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas.

El Instituto Nacional de Innovación Agraria, (2015) define el suelo como la capa superficial de la tierra y destaca su papel como medio en

el cual las plantas crecen. Esta capa tiene la capacidad de proporcionar los nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas y de almacenar agua de lluvia, liberándola gradualmente según las necesidades de las plantas. También, en el suelo, las raíces encuentran el oxígeno necesario para su supervivencia. Además, el suelo abarca tanto en superficie como en profundidad y se compone de varias capas denominadas horizontes, que son aproximadamente paralelas a la superficie. Cada horizonte del suelo presenta distintas propiedades físicas y químicas, las cuales se reflejan en su apariencia. La totalidad de estos horizontes en un suelo se conoce como perfil.

De igual manera, los suelos del planeta son fundamentales para el mantenimiento de la biosfera, que constituye la parte de la Tierra donde existe vida. Además, desempeñan un papel crucial en la regulación del clima.

Los suelos desempeñan funciones críticas al servir como base para las producciones agrícolas y ganaderas, así como actúan como reservorios de carbono. Aunque existen varios tipos de suelos, en general, están compuestos en más del 90% por materia mineral, mientras que el restante porcentaje está constituido por materia orgánica. La mayor parte de esta materia orgánica incluye hongos, algas, bacterias y actinobacterias, las cuales cumplen funciones esenciales como la renovación de la reserva de nutrientes del suelo, contribuyendo así a conservar su fertilidad (Borras, 2017).

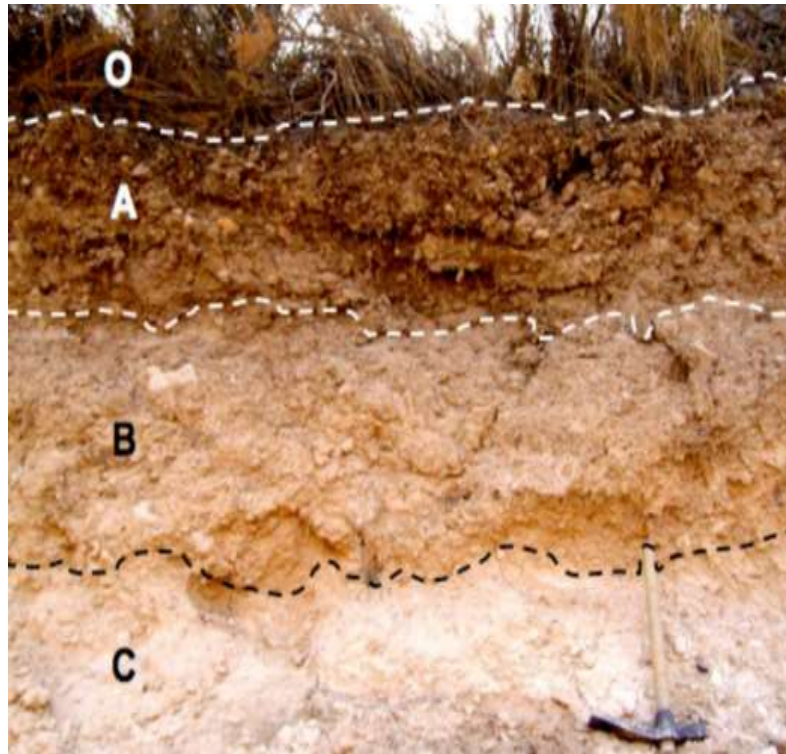
El perfil de un suelo se puede observar en un corte de caminos o en una barranca y está formado por horizontes:

- Horizonte A: Esta es la capa superior, más oscura y fértil del suelo, con mayor presencia de raíces. También se conoce como la capa arable del suelo.
- Horizonte B: Esta capa es más arcillosa, menos fértil y presenta menos raíces en comparación con el horizonte A.

- Horizonte C: Es la capa más profunda del suelo, y se caracteriza por tener escasa presencia de raíces (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2015).

Figura 8

Horizontes del suelo



Nota. La ilustración muestra cómo se distribuye en suelo en sus diferentes horizontes. INIA (2015).

➤ **Formación de los suelos**

Los procesos de transformación de un suelo se simplifican en adiciones, transformaciones, transferencias y pérdidas de materiales. En esencia, se reducen a tres procesos principales: meteorización física, alteración química y translocación de sustancias. Además, estos procesos afectan tanto a la fase mineral como a la fase orgánica del suelo, constituyendo lo que comúnmente se conoce como los procesos básicos o generales en la formación del suelo, ya que están presentes en la creación de todos los suelos (Jordán, 2006).

La meteorización física del material original se manifiesta en la base del perfil del suelo, donde la roca original se fragmenta en bloques

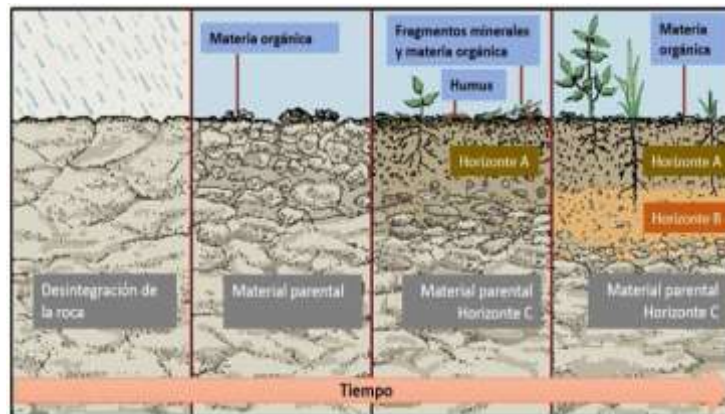
de tamaños diversos y partículas más finas. Este proceso de fragmentación mecánica del sustrato original se debe principalmente a factores climáticos, como los procesos de dilatación/contracción debido a la insolación o la congelación, así como a factores geológicos.

El proceso de meteorización física del material original puede ser atribuido a diversos factores, como el descenso de presión experimentado por las rocas al emerger en la superficie, la cristalización de sustancias en los poros del suelo y la acción mecánica de las raíces de las plantas. En particular, las raíces pueden llegar a fracturar el material, contribuyendo así a la fragmentación mecánica del sustrato original (Jordán López, 2006).

Sin embargo, la caída de presión que experimenta la roca a medida que fluye desde la superficie, la cristalización de materiales en los poros del suelo o la acción mecánica de las plantas. Raíces que pueden causar degradación física de su material original. Provocando finalmente el agrietamiento del material (Jordán López, 2006).

Figura 9

Esquema de la formación del suelo



Nota. La ilustración muestra cómo se forma el suelo en sus diferentes etapas. (INTAGRI, 2017).

- **Composición del suelo**

El suelo es un cuerpo natural no consolidado que consta de sólidos (materiales minerales y orgánicos), líquidos y gases. Por ello, se

caracteriza por tener horizontes o capas diferenciadas, las cuales son el resultado de procesos de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia a lo largo del tiempo. El espesor del suelo puede variar desde la superficie terrestre hasta varios metros de profundidad, según lo establecido por el Instituto Nacional de Innovación Agraria en 2015.

Tabla 4

Porcentaje de componentes del suelo

Componentes	Porcentaje
Poros (aire)	20 – 30%
Materia orgánica	0.5 – 5%
Poros (agua)	20 – 30%
Fracción mineral	45%

Nota. Los datos fueron adaptados del Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2015.

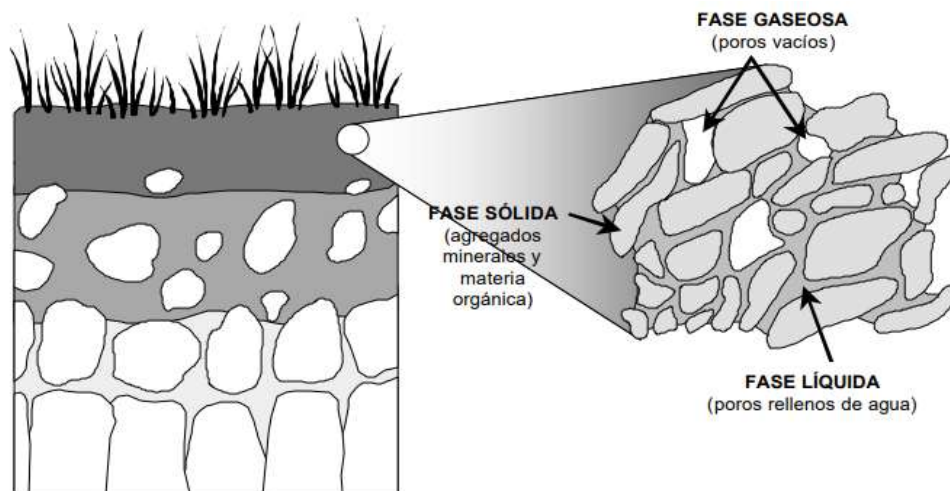
Según Jordán López (2006) menciona que el suelo puede ser considerado como un sistema disperso en el que se pueden diferenciar tres fases:

- Fase sólida: agregados minerales y orgánicos.
- Fase líquida: agua de la solución del suelo.
- Fase gaseosa: atmósfera del suelo contenida en el espacio poroso

En términos de volumen, la fase sólida ocupa aproximadamente el 50% del total, mientras que las fases gaseosa y líquida se distribuyen en el resto del espacio disponible.

Figura 10

Esquema de las fases del suelo



Nota. La imagen muestra como es la estructura del suelo. Jordán López (2006).

2.2.4.1. CONTAMINACIÓN DE SUELOS POR METALES PESADOS

Esta implica la alteración de la superficie terrestre con sustancias químicas perjudiciales para la vida, representando una amenaza para los ecosistemas y la salud humana. Esta modificación en la calidad del suelo puede tener diversas causas, y sus consecuencias variadas generan problemas significativos para la salud de la flora, fauna y de las personas. Estos problemas pueden surgir a través de la agricultura, al afectar el equilibrio del ecosistema o al contaminar el agua potable y el agua de riego.

Este fenómeno puede ocurrir tanto por entrar en contacto con estos lugares como simplemente porque el agua provenga de estas fuentes. Desafortunadamente, no siempre es posible resolver completamente el problema, y en ocasiones solo se logra una recuperación parcial, lo que resulta en la degradación del área afectada (Juste, 2021).

Por ello, en el suelo, los metales pesados, presentes como iones libres, pueden tener un impacto directo sobre los seres vivos al bloquear las actividades biológicas. Esto sucede a través de la

inactivación enzimática causada por la formación de enlaces entre el metal y los grupos –SH (sulfhidrilos) de las proteínas, generando daños irreversibles en diversos organismos.

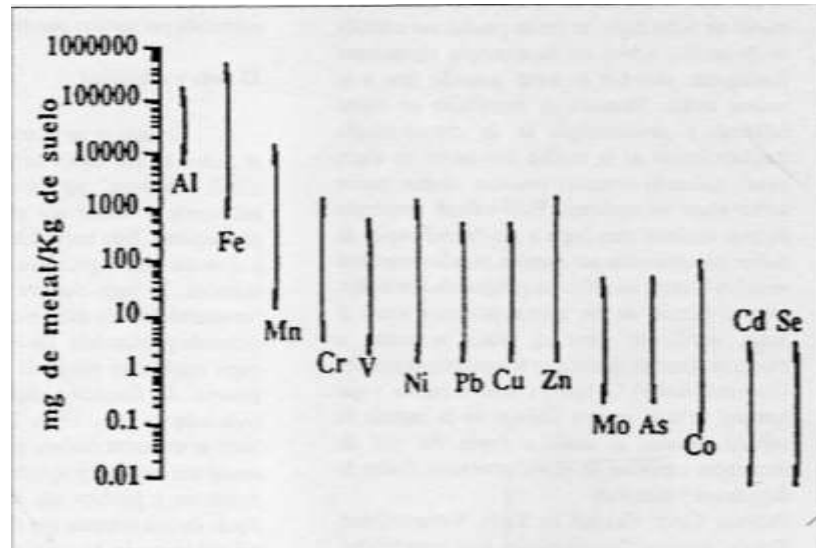
También, la contaminación del suelo con metales pesados ocurre cuando estos elementos son transportados a través del riego con aguas contaminadas procedentes de desechos mineros, aguas residuales contaminadas de parques industriales y municipales, así como filtraciones de presas de jales (Prieto Méndez et al., 2009).

De igual forma, los metales pesados están presentes en el suelo tanto como componentes naturales inherentes a este, como resultado de actividades humanas. Además, en los suelos, se encuentran diversos metales que forman parte de los minerales propios, como el silicio (Si), aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K) y magnesio (Mg). Además, el manganeso (Mn) puede estar presente en el suelo en forma de óxidos y/o hidróxidos, formando concreciones junto con otros elementos metálicos.

Sin embargo, algunos de estos metales son esenciales para la nutrición de las plantas. Por ejemplo, el manganeso (Mn) es fundamental en el fotosistema y en la activación de algunas enzimas que participan en el metabolismo vegetal, según señala (Prieto Méndez et al., 2009).

Figura 11

Variación en la concentración de metales en suelos



Nota. La imagen muestra como Metales pesados están en el suelo. (García et al., 2002).

➤ **CONTAMINACIÓN DE SUELO POR PLOMO**

La actividad del plomo está directamente relacionada con el pH del suelo, ya que una disminución del pH reduce la interacción del plomo con el suelo y aumenta la solubilidad, afectando así los procesos de adsorción y desorción (Tello et al., 2018).

Igualmente, el plomo es un metal tóxico que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre. Sin embargo, su uso generalizado ha provocado una importante contaminación ambiental y graves problemas de salud pública en diversas partes del mundo. Además, entre las principales fuentes de contaminación ambiental se encuentran la explotación minera, la metalurgia, ciertas actividades específicas de fabricación y en algunos países, el persistente uso de pinturas y gasolinas que contienen plomo. Asimismo, el agua potable canalizada por medio de tuberías de plomo o con soldaduras a base de este metal también puede ser una fuente de contaminación por plomo.

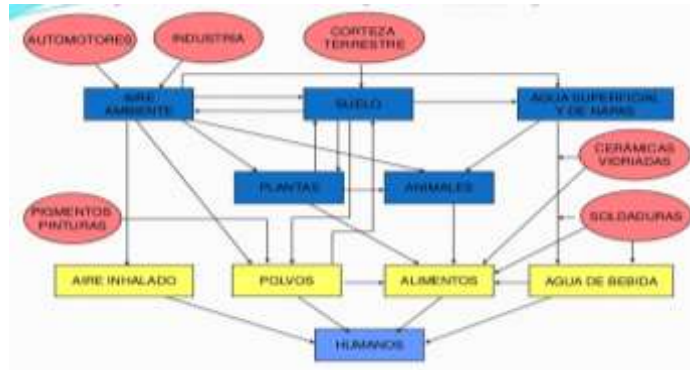
Actualmente, gran parte del plomo disponible en los mercados globales proviene del proceso de reciclaje. Por ello, las personas pueden verse afectadas en su entorno mediante la inhalación de partículas de plomo generadas por la combustión de materiales que contienen este metal. También, la exposición al plomo puede dar lugar a diversas afecciones, como anemia, hipertensión, disfunción renal, inmunotoxicidad y toxicidad reproductiva, según la (Organización Mundial de la Salud, 2021).

De igual manera, el plomo (Pb) se clasifica como un contaminante ecotoxicológico debido a que su uso conlleva a la contaminación ambiental y exposición en seres humanos. Por ello, la principal vía de biodisponibilidad de este metal es a través del suelo y el polvo, donde se concentra y mediante los cuales ingresa a los organismos. La gestión inadecuada de materiales que contienen plomo ha causado numerosos problemas ambientales a nivel mundial. Sin embargo, no todo el plomo presente en el suelo exhibe el mismo grado de movilidad o biodisponibilidad. Además, la distribución química del plomo en el suelo está influenciada por factores como el pH, la mineralogía, la textura, la materia orgánica y la naturaleza de los compuestos de plomo contaminantes. También, los suelo actúa como uno de los principales reservorios donde se acumula la contaminación ambiental (Sierra Villagrana, 2006).

De igual manera, los factores de riesgo que contribuyen a la toxicidad de un metal incluyen la forma química del metal, la dosis, las vías de exposición, la duración y frecuencia de la exposición, la capacidad de biotransformación, la edad y el género de la persona expuesta. En particular, con el plomo, la etapa de vida en la que una persona se expone, especialmente durante la etapa prenatal, es un factor crítico (Burger & Román, 2010).

Figura 12

Principales vías de exposición al plomo



Nota. La imagen muestra la forma como el plomo afecta el medio ambiente. (Rappo, 2015).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Fitorremediación:** Es un procedimiento que tiene como objetivo descontaminar diferentes entornos utilizando plantas para extraer contaminantes del medio. Según la especie, estas plantas pueden eliminar varios contaminantes, incluyendo pesticidas y metales pesados, evitando su dispersión en el suelo y en las aguas superficiales y subterráneas (González Gómez, 2010).
- **Suelo:** Es la capa superficial biológicamente activa de la corteza terrestre y es asiento de la vida vegetal y animal. Proporciona nutrientes, oxígeno y agua, es un recurso importante para la producción de otros recursos y desempeña un papel importante en los ciclos naturales y las cadenas alimentarias. Se forma como resultado de la descomposición de rocas bajo la influencia de cambios de temperatura, humedad, aire y organismos vivos (Burbano, 2022).
- **Plomo:** Es el elemento químico metálico con número atómico 82, de color gris azulado, dúctil, pesado, maleable, resistente a la corrosión y muy blando. Se encuentra escasamente en la corteza terrestre, principalmente en la galena, anglesita y cerusita. Se utiliza en la fabricación de canalizaciones, como antidetonante en gasolinas, en la industria química y de armamento, y como blindaje contra radiaciones (RAE, 2022).

- **Suelos contaminados:** Se refiere a suelos cuyas características han sido negativamente alteradas por la presencia de componentes químicos peligrosos derivados de la actividad humana, en concentraciones que representan un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente. Este estado se declara mediante resolución expresa, de acuerdo con los criterios y estándares establecidos (RAE, 2022).

2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS

Hi: La fitorremediación con la especie *Sonchus Oleraceus* es efectivo en la recuperación de suelos contaminados por plomo - 2023.

Ho: La fitorremediación con la especie *Sonchus Oleraceus* no es efectivo en la recuperación de suelos contaminados por plomo - 2023.

2.5. SISTLEMA DE VARILABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Fitorremediación con la Especie *Sonchus Oleraceus*.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Recuperación de Suelos Contaminados

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: EFECTO DE UNA PLANTA HERBÁCEA (*Sonchus Oleraceus*) EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO HUANUCO- 2023

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala
VARIABLE INDEPENDIENTE					
Efecto de la Especie <i>Sonchus Oleraceus</i>	Capacidad natural que tienen las plantas y fitoplancton para remover contaminantes presentes en el ecosistema.	Proceso realizado al suelo contaminado por plomo, para reducir sus contaminantes	Eficiente	Disminución de la concentración de plomo	De razón
			No eficiente	No hay disminución de la concentración de plomo	
			Especie	<i>Sonchus Oleraceus</i>	
VARIABLE DEPENDIENTE					
Recuperación de suelos Contaminados	Condición del suelo en relación con los compuestos o sustancias que van a alterar su composición normal.	Para las mediciones se usará la espectrofotometría, en las muestras del suelo, antes y después de la intervención mediante la fitorremediación.	Parámetros fisicoquímico	Color	De razón
				Temperatura	
				pH	
				Conductividad eléctrica	
				M. orgánica	
				textura	
			Plomo	Concentración inicial	
				Concentración final	

CAPITULO III

MAIRCO METODOLOGICO

3.1. TIPO DE ESTUDIO

Según (Hernandez Sampieri et al., 2014) el presente estudio fue experimental porque hay manipulación de la variable por parte del investigador. De acuerdo con el control de las mediciones; fue Longitudinal, según el número de mediciones en la variable de estudio y Analítico, según el número de variables.

3.1.1. ENFOQUE

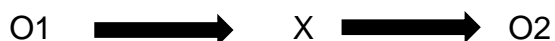
Este estudio fue de enfoque cuantitativo, ya que se empleó la estadística como herramienta en la recolección, organización, procesamiento y análisis de los datos, según lo indicado por (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El presente estudio fue de nivel aplicado, ya que los resultados obtenidos estarán orientados a la solución de problemas sociales. (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.1.3. DISEÑO

Se utilizó como diseño de estudio el experimental. (Hernandez Sampieri, 2016)



Donde:

O1: observación inicial

X: fitorremediación

O2: observación final

Tomando como guía el diseño para este estudio se tomó dos muestras las cuales estarán representadas por M1 y M2 para lo cual de

cada muestra se tomó un pre tes y tres repeticiones de análisis por muestra y así obtener O1 Y O2.

Tabla 5

Matriz del Diseño Experimental

Concentración conocida ug/kg Sol.	ESPECIE (<i>sonchus oleraceus</i>)	MEDICION (DIAS)	REPETICIONES
1000	X	30	R1
			R2
			R3
		60	R1
			R2
			R3
		70	R1
			R2
			R3
1800	X	30	R1
			R2
			R3
		60	R1
			R2
			R3
		70	R1
			R2
			R3

Nota. tomado de (Peláez, 2013) señala que los efectos de diferentes concentraciones de plomo sobre el crecimiento de *sonchus oleraceus* "cerralja" en condiciones de laboratorio p16. (Chico et al., 2012) Capacidad reparadora de raíces de girasol (*Helianthus annuus*) en respuesta a diferentes concentraciones de plomo p16. (Sierra, 2006) Fitorremediación de suelos contaminados con plomo procedentes de actividades industriales p.35. (Ghosh, 2005) A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of Its by Products p2211.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Consiste en todo el suelo contaminada con plomo que sale de las calicatas, esta calicata fue realizada en la provincia de ambo departamento de Huánuco en un terreno agrícola limpio que luego fue contaminado para su respectivo estudio.

3.2.2. MUESTRA

Esta muestra de estudio lo constituyó 100 kg, el cual estuvo repartido en 2 maceteros de 10 kilogramos cada uno, se realizó los muestreos en tres etapas con un intervalo de 30 y 15 días entre ambos monitoreos (el primer monitoreo se realizó a los 30 días de iniciado la siembra, el segundo a los 30 días después y el tercero a los 10 después), se hizo un pre test y tres repeticiones de post test por cada muestra.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En este estudio, se empleó la observación como técnica y las fichas de campo como instrumento. Para el muestreo de suelo se usó:

- La Guía de muestreo de suelos, establecida por la Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM y el D. S. N° 011-2017-MINAM.
- Ficha de análisis de laboratorio.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información fue recopilada siguiendo el siguiente esquema:

➤ Obtención del sustrato

Se seleccionó aleatoriamente un área agrícola libre de contaminación, donde se llevó a cabo una excavación mediante el uso de pico y pala. Se recogieron 100 kilogramos de suelo, los cuales fueron almacenados en costales de 50 kilogramos para su posterior traslado a un vivero acondicionado, donde se llevó a cabo la mezcla con plomo.

➤ **Preparación del sustrato**

Se procedió a tamizar el suelo utilizando una zaranda y palas con el objetivo de lograr una homogeneidad en su condición física. Esto se realizó con la finalidad de facilitar la incorporación del plomo.

➤ **Incorporación de plomo al suelo**

Se tomaron 10 kilogramos del suelo tamizado para cada macetero, utilizando un recipiente con capacidad de 20 litros. En este recipiente, se introdujeron diversas concentraciones de nitrato de plomo en el suelo, y mediante el uso de una agitadora de madera, se mezcló hasta obtener un sustrato homogéneo.

Tabla 6

Incorporación de plomo en el suelo

Número	Concentración de plomo ug//kg Sol.
1	1000
2	1800

Nota. En la tabla 6 se muestra las cantidades de concentración de plomo.

➤ **Siembra de estacas de sonchus oleraceus**

Se plantaron estacas de *Sonchus Oleraceus* (de 5 cm de longitud) en los recipientes con sustrato, a una profundidad de cinco centímetros, utilizando un repicador de madera, siguiendo los tratamientos establecidos en el estudio.

3.4.2. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

➤ **Elaboración de datos**

- Revisión de los datos: Se llevó a cabo una verificación de la calidad de cada uno de los datos para asegurar que los resultados obtenidos fueran consistentes y confiables.
- Codificación de los datos: Se procedió a transformar los resultados obtenidos en códigos numéricos.

- **Procesamiento de los datos:** El procesamiento inicial se realizó manualmente mediante la creación de una tabla matriz física. Posteriormente, se creó una base de datos virtual utilizando el programa Excel 2016. Finalmente, se empleó el paquete estadístico IBM SPSS Versión 25.0 para Windows para realizar el procesamiento completo de los datos.
 - **Plan de tabulación de data:** De acuerdo al resultado obtenido, se tabuló los dato en cuadro estadísticos.
 - **Presentaciones de data:** En este caso la data obtenida fue presentado en tabla y figura académica.
- **Análisis e interpretación de datos**
- **Análisis descriptivo:** Las características de cada variable se detallan y clasifican según su tipo. El propósito del uso de gráficos es simplificar y mejorar la comprensión y garantizar que los estímulos visuales se destaquen claramente.

CAPITULO IV

RESULTADO

Tabla 7

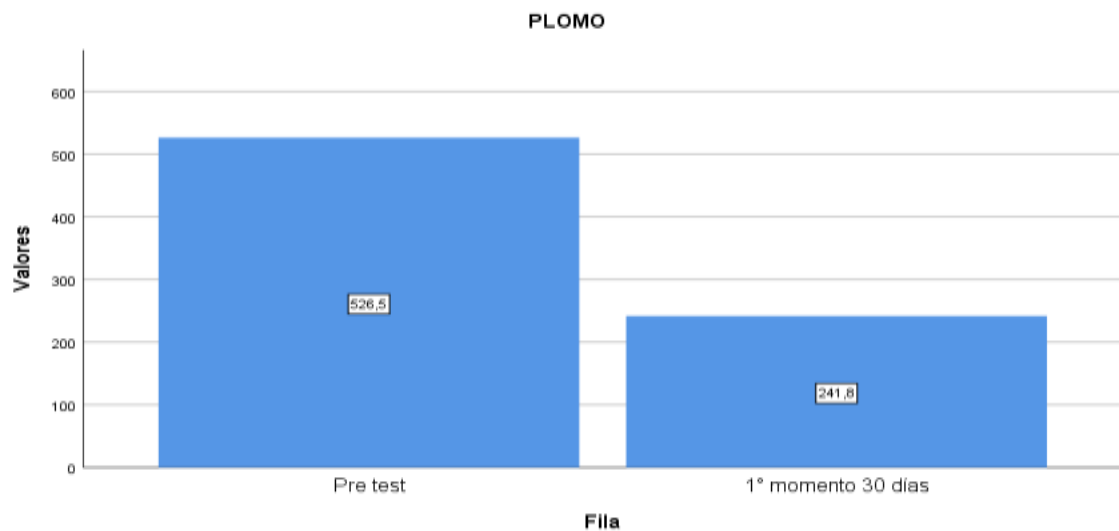
Efectividad de la especie Solnchus Olerlaceus en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la primera medición

		PLOMO
Suelo con concentración	Pre test	526,5
al 1000 ug/kg	1° medición	241,8

Nota. En la Tabla 7 se describe la concentración de nitrato de plomo a 1000 ug/kg observando plomo de 526,5 ppm en el pre test y a una primera medición a los 30 días 241,8 ppm; con una diferencia de 284,7.

Figura 13

Efectividad de la especie Solnchus Oleracleus en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la primera medición



Nota. Referente a, la Figura 13 se describe la concentración de nitrato de plomo a 1000 ug/kg observando plomo de 526,5 ppm en el pre test y a una primera medición a los 30 días 241,8 ppm; con una diferencia de 284,7

Tabla 8

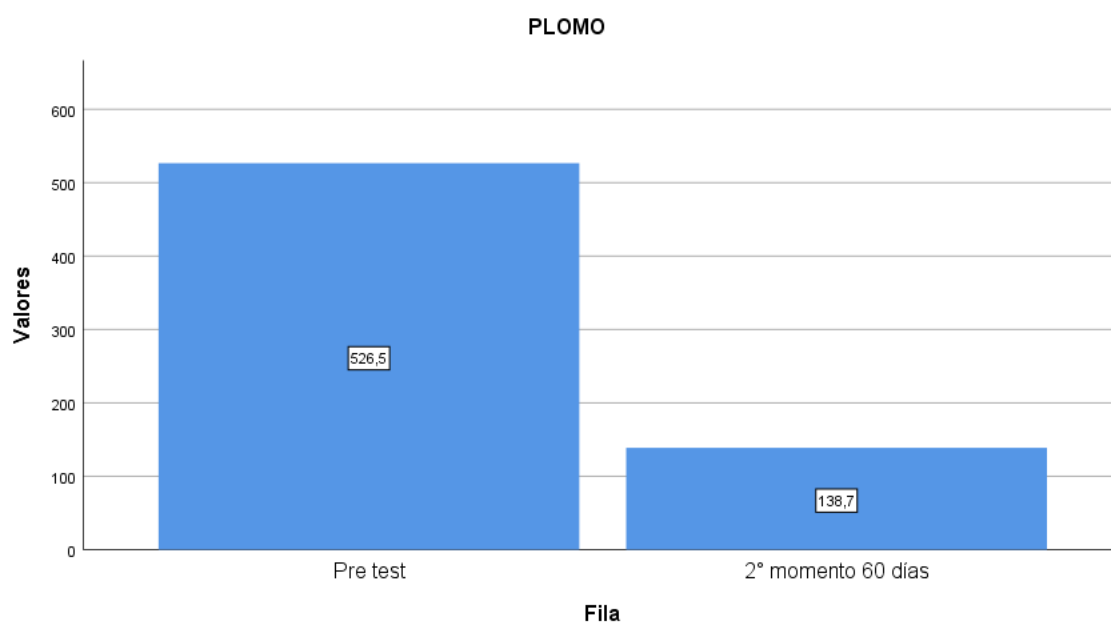
Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la segunda medición

		PLOMO
Suelo con	Pre test	526,5
concentración al	2° medición	138,7
1000 ug/kg		

Nota. En cuanto a, la Tabla 8 se describe la concentración de nitrato de plomo a 1000 ug/kg observando plomo de 526,5 ppm en el pre test y a una segunda medición a los 60 días 138,7 ppm; con una diferencia de 387,8.

Figura 14

Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la segunda medición



Nota. Con relación a, la Figura 14 se describe la concentración de nitrato de plomo a 1000 ug/kg observando plomo de 526,5 ppm en el pre test y a una segunda medición a los 60 días 138,7 ppm; con una diferencia de 387,8.

Tabla 9

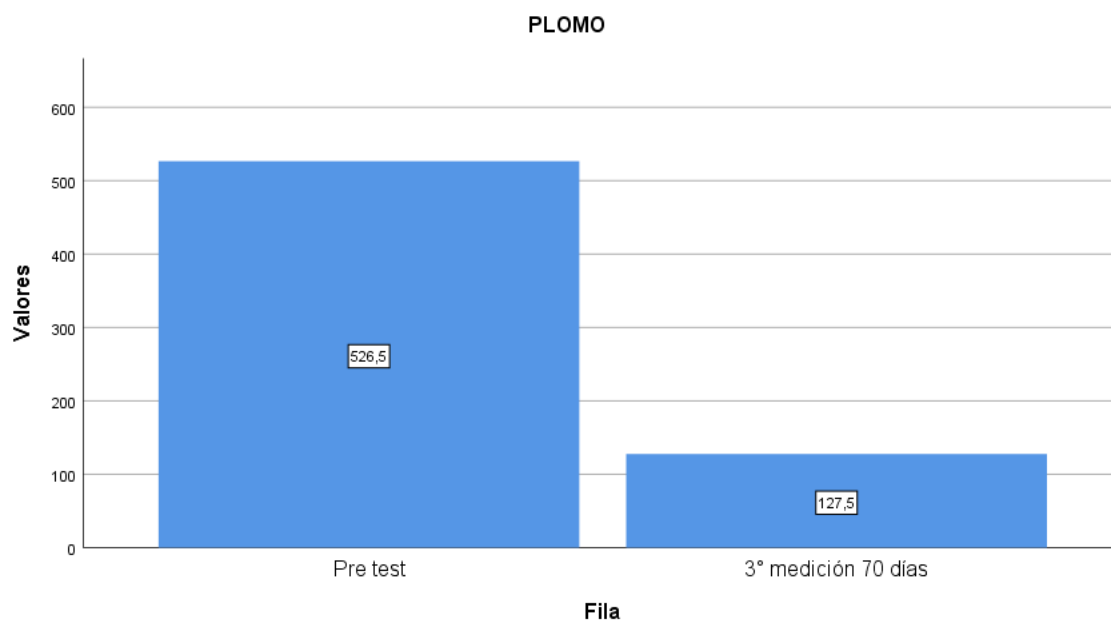
Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la tercera medición

		PLOMO
Suelo con	Pre test	526,5
concentración al	3° medición	127,5
1000 ug/kg		

Nota. En cuanto a, la Tabla 9 se describe la concentración de nitrato de plomo a 100 ug/kg observando plomo de 526,5 ppm en el pre test y a una tercera medición a los 75 días 127,5 ppm; con una diferencia de 399.

Figura 15

Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1000 ug/kg antes y después de la tercera medición



Nota. Acerca de la Figura 15 se describe la concentración de nitrato de plomo a 100 ug/kg observando plomo de 526,5 ppm en el pre test y a una tercera medición a los 70 días 127,5 ppm; con una diferencia de 399

Tabla 10

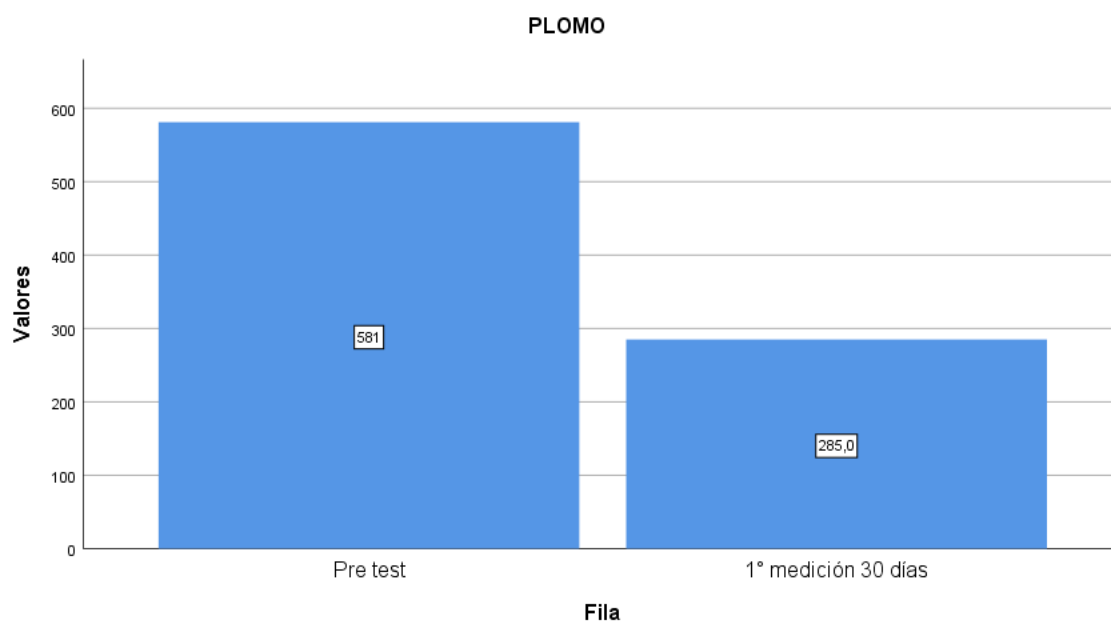
Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después del primer momento

			PLOMO
Suelo	con	Pre test	581,0
concentración	al	1° medición	285,0
1800 ug/kg			

Nota. La Tabla 10 se describe la concentración de nitrato de plomo a 1800 ug/kg observando plomo de 581 ppm en el pre test y a una primera medición a los 30 días 285 ppm; con una diferencia de 296

Figura 16

Efectividad de la especie Sonlchus Oleralceus en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después del primer momento



Nota. En cuanto a, la Figura 16 se describe la concentración de nitrato de plomo a 1800 ug/kg observando plomo de 581 ppm en el pre test y a una primera medición a los 30 días 285 ppm; con una diferencia de 296

Tabla 11

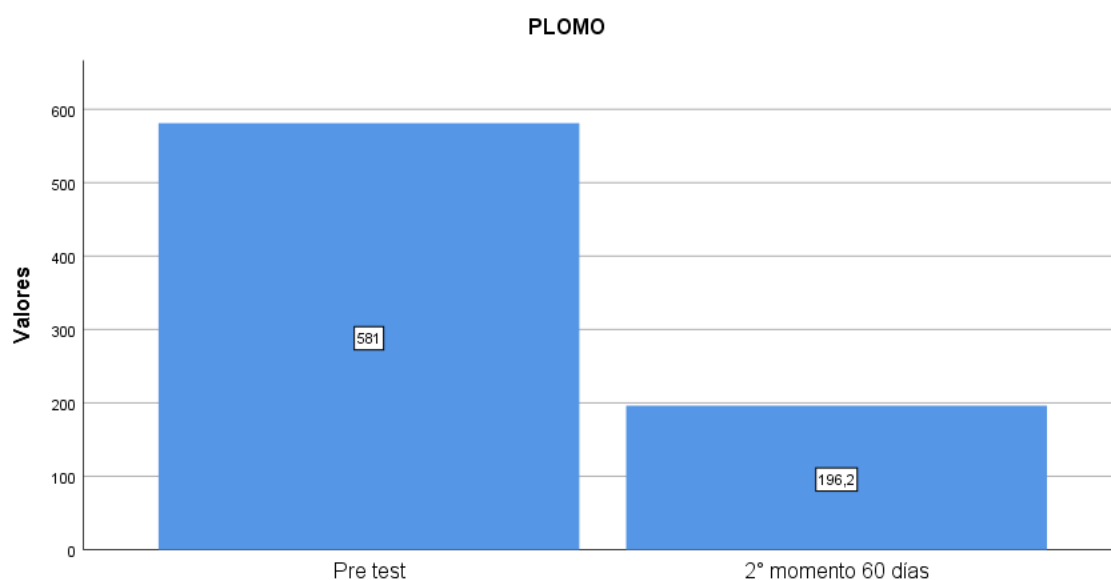
Efectividad de la especie Solnchus Oleracelus en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después en segundo momento

		PLOMO
Suelo con concentración al 1800 ug/kg	Pre test	581,0
	2° medición	196,2

Nota. Referente a, la Tabla 11 se describe la concentración de nitrato de plomo a 1800 ug/kg observando plomo de 581 ppm en el pre test y a una segunda medición a los 60 días 196,2 ppm; con una diferencia de 384.8

Figura 17

Efectividad de la especie Solnchus Oleralceus en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después en segundo momento



Nota. En relación con la figura 17 se describe la concentración de nitrato de plomo a 1800 ug/kg observando plomo de 581 ppm en el pre test y a una segunda medición a los 60 días 196,2 ppm; con una diferencia de 384.8

Tabla 12

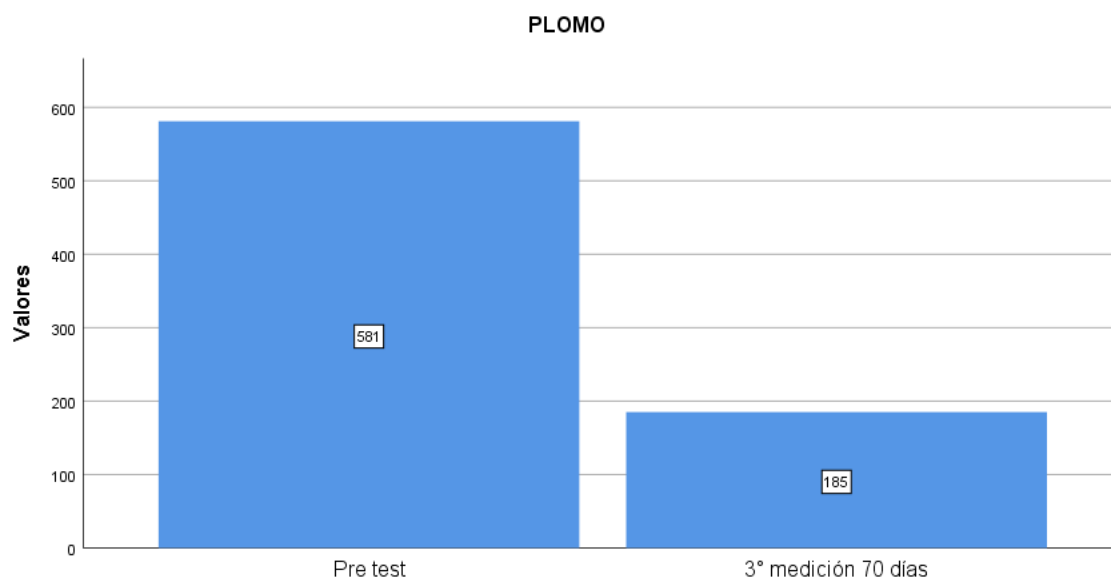
Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después del tercer momento

		PLOMO
Suelo con	Pre test	581,0
concentración al	3° medición	185,0
1800 ug/kg		

Nota. Acerca de la Tabla 12 se describe la concentración de nitrato de plomo a 1800 ug/kg observando plomo de 581 ppm en el pre test y a una tercera medición a los 70 días 185 ppm; con una diferencia de 396

Figura 18

Efectividad de la especie Sonchus Oleraceus en la concentración de plomo de 1800 ug/kg antes y después del tercer momento

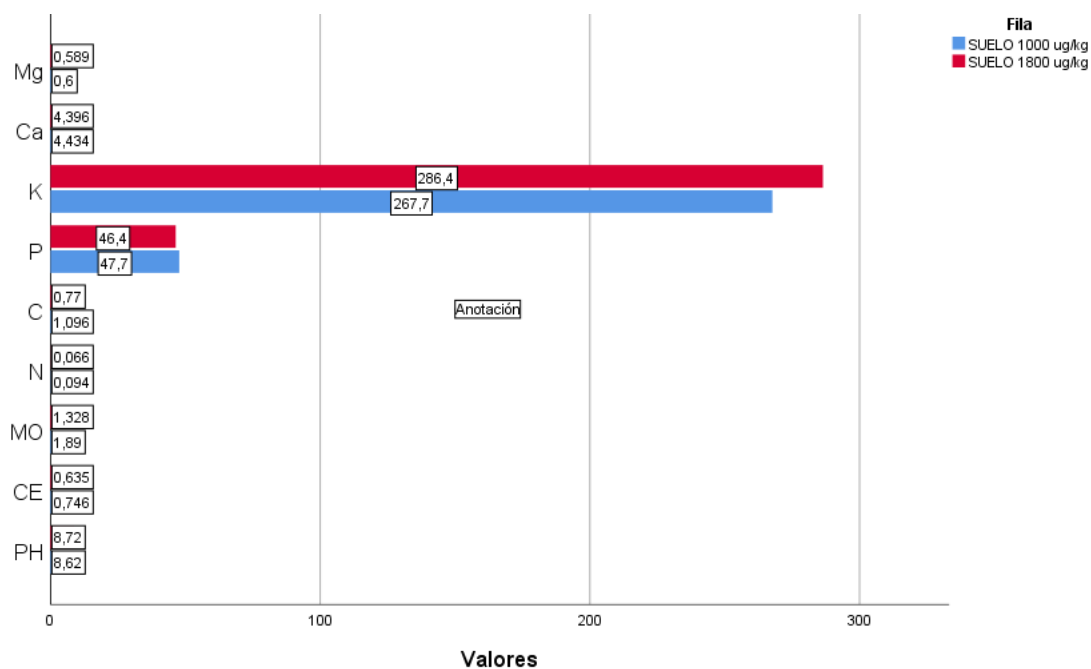


Nota. En relación a la Figura 18 se describe la concentración de nitrato de plomo a 1800 ug/kg observando plomo de 581 ppm en el pre test y a una tercera medición a los 70 días 185 ppm; con una diferencia de 396

Tabla 13*Características fisicoquímico del suelo contaminado por plomo después de la fitorremediación*

	pH	CE	MO	N	C	P	K	Ca	Mg
Concentración 1000 ug/kg (S1)	8,62	0,746	1,890	0,094	1,096	47,7	267,7	4,434	0,600
Concentración 1800 ug/kg (S2)	8,72	0,635	1,328	0,066	0,770	46,4	286,4	4,396	0,589

Nota. En la Tabla 13 se describe las características fisicoquímico de los suelos con concentración de 1000 ug/kg y 1800 ug/kg; observando el pH en mayor concentración en el S2 con 8,72; la conductividad eléctrica en el S1 con 0,746; la materia orgánica con 1,890 en el S1; nitrógeno con 0,094 en S1; carbono con 1,096 en S1; fosforo con 47,7 en S1; potasio con 286,4 en el S2; calcio con 4,434 en S1 y el magnesio con 0,600 en el S1.

Figura 19*Características fisicoquímico del suelo contaminado por plomo después de la fitorremediación*

Nota. En la Figura 19 se describe las características fisicoquímico de los suelos con concentración de 1000 ug/kg y 1800 ug/kg; observando el pH en mayor concentración en el S2 con 8,72; la conductividad eléctrica en el S1 con 0,746; la materia organiza con 1,890 en el S1; nitrógeno con 0,094 en S1; carbono con 1,096 en S1; fosforo con 47,7 en S1; potasio con 286,4 en el S2; calcio con 4,434 en S1 y el magnesio con 0,600 en el S1

Tabla 14*Prueba de normalidad de la concentración de plomo en suelo contaminado*

		Shapiro-wilk
		Sig. (bilateral)
Plomo	Concentración a 1000 ug/kg	0,070
	Concentración a 1800 ug/kg	0,098

Nota. Aplicado la prueba de normalidad mediante Shapiro-wilk para la variable de estudio, se obtiene un p-valor > 0,05. Por tal, se deduce que tiene una distribución simétrica utilizando la prueba estadística de T Student para el contraste de hipótesis.

Tabla 15*Comparación de medias del suelo contaminado por plomo después de la fitorremediación*

		prueba t para la igualdad de medias		
		t	gl	Sig. (bilateral)
Plomo	Concentración a 1000 ug/kg	10,035	2	0,010
	Concentración a 1800 ug/kg	10,035	2	0,020

Nota. En la Tabla 15 se realiza el análisis inferencial del suelo contaminado en las distintas concentraciones mediante la prueba de T de student obteniendo una significancia < 0,05 (0,010 y 0,020) respectivamente. Por tal, el *Sonchus Oleraceus* fue efectivo en la fitorremediación.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

Las actividades mineras y metalúrgicas en el Perú han provocado la contaminación del suelo, el aire y el agua en varias zonas con la presencia de elementos potencialmente tóxicos como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y zinc (Huaranga et al., 2021). El uso de la fitorremediación ha sido estudiado y destaca por su capacidad para re-cultivar in situ suelos contaminados con metales pesados, proporcionando una opción rentable y respetuosa con el medio ambiente (Gurajala et al., 2019).

De igual manera, el plomo (Pb) es un contaminante ambiental altamente tóxico, y su presencia en el entorno se atribuye principalmente a actividades humanas como la industria, minería y fundición. Además, en los suelos contaminados con plomo, es común encontrar también cadmio (Cd) y zinc (Zn) debido a similitudes en sus propiedades y características metálicas, algo análogo a la relación entre la triada de Fe-Ni-Co.(Pelaéz, 2013)

Del estudio se concluye que el *Sonchus Oleraceus* fue efectivo en la fitorremediación obteniendo una significancia $< 0,05$ (0,010 y 0,020). Concordando con Zamora et al., (2016) donde menciona que el *Sonchus oleraceus* se ha identificado la tolerancia al plomo en esta especie, y se ha propuesto como una candidata para la fitoremediación de entornos contaminados con este metal.

Los resultados obtenidos por (Núñez, 2022) en su estudio de fitorremediación revelan el potencial de la planta *Tradescantia pallida* en la retención de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en suelos contaminados, demostrando concentraciones superiores de estos metales en comparación con otras especies vegetales como el maíz. Por otro lado, mis hallazgos muestran que *Sonchus Oleraceus*, al enfrentarse a concentraciones variables de Pb (1000 ug/kg y 1800 ug/kg), logra reducir consistentemente los niveles de este metal a lo largo del tiempo, evidenciando una efectividad significativa en la fitorremediación, respaldada por pruebas inferenciales que subrayan su

eficacia incluso frente a diferentes concentraciones iniciales de contaminación por plomo en el suelo.

En los hallazgos de (Pajoy, 2017), se destaca que la *Tradescantia pallida* y el *Pennisetum setaceum*, al ser consideradas metalofitas, exhiben altas concentraciones de metales pesados como Cd, Cr, Ni y Pb en sus raíces, demostrando una capacidad de adaptación y tolerancia a suelos con elevada contaminación. Por otro lado, en mis resultados se enfatiza la eficacia de *Sonchus Oleraceus* en la reducción progresiva de concentraciones de plomo (Pb) a lo largo del tiempo, evidenciando una significativa disminución en niveles de contaminación a 1000 ug/kg y 1800 ug/kg, respaldada por análisis inferenciales que validan su efectividad en la fitorremediación. Ambos estudios subrayan la adaptabilidad de ciertas especies vegetales a entornos contaminados por metales pesados, mostrando capacidades de tolerancia y remediación, aunque enfocados en aspectos distintos: la capacidad natural de adaptación en Pajoy et al. versus la eficacia de una planta específica en reducir la contaminación en tus resultados.

Los resultados de (Melgarejo, 2018) resaltan la eficacia de la aplicación de microorganismos eficientes junto con *Helianthus annuus* L. en la fitoextracción de metales pesados, destacando una significativa capacidad para extraer Pb, Fe, Cu, y otros metales, con énfasis en la reducción de Cd, Hg y Pb, elementos considerados por los estándares de calidad ambiental del suelo. En contraste, mis hallazgos se centran en la eficacia de *Sonchus Oleraceus* en la reducción progresiva de concentraciones de plomo (Pb) a lo largo del tiempo, evidenciando una disminución significativa en niveles de contaminación a 1000 ug/kg y 1800 ug/kg, respaldada por análisis inferenciales. Ambos estudios destacan diferentes métodos de fitorremediación, con Melgarejo et al. enfocándose en la capacidad de ciertos microorganismos y plantas para extraer metales pesados, mientras que en mis resultados resaltan la eficacia de una planta específica para reducir la contaminación de plomo en suelos contaminados.

Los resultados de (Tello et al., 2018) resaltan la capacidad de la ortiga (*Urtica urens*) para acumular plomo en sus hojas y raíces, logrando una

disminución significativa de 237,83 mg/kg de plomo en el suelo de la Provincia Constitucional del Callao.

La planta demostró una eficiencia del 17% en la acumulación del plomo inicial, indicando su habilidad para absorber este metal en sus estructuras morfológicas. En contraste, mis hallazgos se centran en la eficacia de *Sonchus Oleraceus* en la reducción progresiva de concentraciones de plomo (Pb) a lo largo del tiempo, mostrando una disminución sustancial en los niveles de contaminación a 1000 ug/kg y 1800 ug/kg, validada por análisis inferenciales. Ambos estudios evidencian la capacidad de diferentes plantas, la ortiga y *Sonchus Oleraceus* respectivamente, para reducir los niveles de plomo en suelos contaminados, uno enfocado en la acumulación de la planta y el otro en la eficacia de remediación de una especie vegetal específica.

Los resultados de (Paredes, 2021) evidencian el impacto de la variedad de ortigas (*Urtica urens* L. y *Urtica dioica* L.) en la textura y composición química del suelo contaminado, mostrando una reducción significativa en los niveles de plomo (Pb) y cadmio (Cd), cambios en el pH hacia valores moderadamente alcalinos y diferencias en los contenidos de materias orgánicas (M.O.), nitrógenos (N), fósforos (P) y potasios (K). La variedad *Urtica urens* L. generó mayores efectos en las reducciones de metal pesado y en las estimulaciones de microorganismo benéfico en comparación con *Urtica dioica* L. En contraste, mis hallazgos se centran en la eficacia de *Sonchus Oleraceus* para reducir progresivamente las concentraciones de plomo a lo largo del tiempo, respaldada por análisis inferenciales significativos. Mientras Paredes se enfoca en el impacto de diferentes ortigas en la textura y composición del suelo contaminado, Mis resultados resaltan la capacidad de una planta específica en la reducción de contaminación por plomo, evidenciando enfoques distintos en la fitorremediación de suelos contaminados.

Los resultados de (Davila, 2020) destacan la falta de asociación estadística entre las densidades de planta de vetiverias y las concentraciones residuales de plomos, observando un aumento en el nivel de este metal en el suelo. Aunque se identificaron afectaciones iniciales en la biomasa aérea de

las plantas, se resalta su capacidad para sobrevivir en condiciones desfavorables del suelo.

Se sugiere un nuevo estudio considerando análisis adicionales como materia orgánica y pH del sustrato para comprender mejor la movilidad del plomo en la solución del suelo y verificar su absorción por las plantas de vetiveria. En contraste, mis hallazgos se centran en la capacidad de *Sonchus Oleraceus* para reducir progresivamente las concentraciones de plomo a lo largo del tiempo, respaldados por pruebas inferenciales significativas. Mientras Dávila se enfoca en la relación entre la densidad de plantas y la concentración residual de plomo, mis resultados subrayan la efectividad de una planta específica en la reducción de la contaminación por plomo en suelos contaminados.

CONCLUSIONES

- Las características físicas en la concentración de 1000 ug/kg de plomo se observa un pH de 8,62; CE de 0,746 y materia orgánica de 1,89. En la concentración de 1800 ug/kg un pH de 8,72; CE de 0,635 y materia orgánica de 1,328, Las características químicas en la concentración de 1000 ug/kg se observa N en 0,094; C en 1,096; P en 47,7; K en 267,7; Ca en 4,434 y Mg en 0,6. En la concentración de 1800 ug/kg observa N en 0,066; C en 0,77; P en 46,4; K en 286,4; Ca en 4,396 y Mg en 0,589.
- Asimismo, la concentración de plomo a 1000 ug/kg se observa un pre test de 526,5 ppm con una reducción significativa a los 30 días de 241,8 ppm; a los 60 días una reducción de 138,7 ppm finalmente a los 75 días redujo a 127,5 ppm. En la concentración de plomo a 1800 ug/kg con una reducción significativa a los 30 días de 285 ppm; a los 60 días con una reducción de 196,2 ppm. Finalmente, a los 75 días redujo a 185 ppm.
- Finalmente, realizado el análisis inferencial del suelo contaminado en las distintas concentraciones mediante la prueba de T de student obteniendo una significancia $< 0,05$ (0,010 y 0,020) respectivamente. Por tal, el *Sonchus Oleraceus* fue efectivo en la fitorremediación.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo al objetivo general donde se quiere demostrar el efecto de la fitorremediación en un tiempo determinado, se recomienda extender la duración del proceso de fitorremediación, ya que se observaron disminuciones significativas tanto a los 30 días como a los 60 días, con mejoras adicionales a los 75 días. Pero un periodo más prolongado potenciaría aún más los resultados positivos obtenidos.
- Con respecto al objetivo específico 1, y de acuerdo a los resultados de laboratorio donde se verifico los parametros fisicoquímicos del suelo se recomienda prestar especial atención además a la conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, carbono, fósforo, calcio, magnesio, pH y potasio. El control y la optimización de estos parámetros podrían mejorar la efectividad del proceso de fitorremediación, y de esa manera se tendría un mejor proceso de remediación del suelo contaminado.
- Se recomienda la comparación de las concentraciones del plomo en distintos periodos de tiempo, ya que con ello se podría elaborar las características de fitorremediación por periodos de tiempo, Comparar el rendimiento de la fitorremediación con *Sonchus Oleraceus* con otras técnicas de remediación podría ofrecer perspectivas valiosas sobre su eficacia relativa y su idoneidad en diferentes contextos y sobre todo en las concentraciones.
- Se recomienda tener un vivero adecuado ya que es muy importante para el cuidado de especie y su desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez Calvo, L. (2019). *Tratamiento de suelos contaminados por metales mediante combinación de técnicas de fitorremediación con adición de biochar* [Phd, E.T.S.I. Industriales (UPM)]. <https://oa.upm.es/55865/>
- Borras. (2017). *La importancia de los suelos*. [ecologiaverde.com](https://www.ecologiaverde.com). <https://www.ecologiaverde.com/la-importancia-de-los-suelos-573.html>
- Burbano, H. (2022). *Suelo*. Significados. <https://www.significados.com/suelo/>
- Burger, M., & Roman, D. (2010). *Plomo salud y ambiente* [Informe final, Universidad de la Republica Montevideo - Uruguay]. digital. <https://www.paho.org/uru/dmdocuments/plomo%20salud%20y%20ambiente.pdf>
- Carpena, R., & Bernal, M. P. (2007). *Claves de la fitorremediación: Fitotecnologías para la recuperación de suelos*. 16(1), 4. digital.
- Chico, J., Chico, L., Espejo, M., & Padilla, M. (2012). *Remedial capacity of sunflower, root when submitted to different concentrations of lead*. 32, 16.
- Contreras Pinto, L. A., Valencia Castro, C. M., De la fuente Salcido, N. M., Linaje Treviño, M. S., & Trejo Calzada, R. (2016). Estudio de absorción, acumulación y potencial para la remediación de suelo contamiando por plomo usando ambrosia abrosioides. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 244-250.
- Cortez, G. (2019). *Fitorremediación para solucionar la contaminación de suelos por actividad minera* [Informe final, Universidad Privada del Norte]. digital. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22045/Cortez%20Gonzales%20Diandra%20Noelia.pdf?sequence=1>
- Cubillos, P. (2022). *Fitorremediacion*. [calameo.com](https://www.calameo.com). <https://www.calameo.com/read/0012362773c6937ad3dac>

- Davila Ruiz, M. (2020). *Recuperación de suelo contaminado por plomo con vetiveria (Chrysopogon Zizanioides) bajo condiciones de vivero en La Esperanza – Amarilis – Huánuco, Abril – junio 2019* [Informe final, Universidad de Huánuco]. digital. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2497?show=full>
- Delgadillo López, A. E., González Ramírez, C. A., Prieto García, F., Villagómez Ibarra, J. R., & Acevedo Sandoval, O. (2011a). *Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación*. 2(14), 16.
- Delgadillo López, A. E., González Ramírez, C. A., Prieto García, F., Villagómez Ibarra, J. R., & Acevedo Sandoval, O. (2011b). *Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612.
- Febres Flores, S. E. (2019). *Remediación de suelos contaminados con plomo (Pb) mediante el empleo de girasol (Helianthus annuus) y estiércol de lombriz roja (Eisenia foetida) en condiciones controladas. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, 102.
- 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>
- García, c, Moreno, J., Hernández, T., & Polo, A. (2002). *Metales pesados y sus implicaciones sobre la calidad del suelo*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Ciencias Medioambientales. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/111812/1/Metales%20pesados%20y376.pdf>
- Ghosh, M. (2005). *A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by-products. Applied Ecology and Environmental Research*. *Applied Ecology and Environmental Research*, 3(1), 1-18. https://doi.org/10.15666/aeer/0301_001018

- Godoy, K. A. M., & Delvasto, P. L. A. (2016). Contaminación de suelos por metales pesados debido a la presencia de pilas gastadas. *Revista de investigación*, 40, 28. <https://www.redalyc.org/pdf/3761/376147131005.pdf>
- González Gómez, J. D. (2010). *Fitorremediación: Una herramienta viable para la descontaminación de aguas y suelos* [Informe final, Universidad de los Andes]. digital. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19276/u445054.pdf?sequence=1>
- Gurajala, H. K., Cao, X., Tang, L., Ramesh, T. M., Lu, M., & Yang, X. (2019). Comparative assessment of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) genotypes for phytoremediation of Cd and Pb contaminated soils. *Environmental Pollution*, 254, 113085. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113085>
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw Hill Interamericana.
- Huaranga Moreno, F. R., Rodríguez Rodríguez, E. F., & Bernuí Paredes, F. (2021). *Especies bioindicadoras de contaminación por relaves mineros en el Sector Samne, La Libertad-Perú*, 202. 28(3), 633-650.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2022). *Tecnologías de remediación*. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/372/tecnolog.html#top>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2015). *Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas*. <https://www.coursehero.com/file/45447315/El-Suelo-20-de-mayopdf/>
- INTAGRI. (2017). *Los Factores de Formación del Suelo*. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/los-factores-de-formacion-del-suelo>
- Isan, A. (2017). *Fitorremediación: Plantas que limpian el suelo, agua o aire*. [ecologiaverde.com. https://www.ecologiaverde.com/fitorremediacion-plantas-que-limpian-el-suelo-agua-o-aire-533.html](https://www.ecologiaverde.com/fitorremediacion-plantas-que-limpian-el-suelo-agua-o-aire-533.html)

- Jordan Lopez, A. (2006). *Manual de Edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. https://infoagroconstanza.webnode.es/_files/200000017-c2dccc3d62/edafologia%20del%20suelo.pdf
- Juste, I. (2021). *Contaminación del suelo: Causas, consecuencias y soluciones*. [ecologiaverde.com](https://www.ecologiaverde.com). <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-del-suelo-causas-consecuencias-y-soluciones-285.html>
- Kumar, S., Mittal, R., Chaudhary, S., & Jain, D. C. (2014). Role of Trace Elements Alzheimer's Disease. *OALib*, 01(06), 1-30. <https://doi.org/10.4236/oalib.1100714>
- La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2022). *¿Qué es el Suelo?*. <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- Lifeder. (2018). *Fitorremediación: Tipos, ventajas y desventajas*. <https://www.lifeder.com/fitorremediacion/>
- López Martínez, S., Gallegos Martínez, M. E., & Perez Flores, L. J. (2005). *Mecanismos de fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobióticos*. 21(2), 10. digital.
- Mahdieh, M., Yazdani, M., & Mahdieh, S. (2013). The high potential of *Pelargonium roseum* plant for phytoremediation of heavy metals. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(9), 7877-7881. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3141-3>
- Marrero, J., Amores, I., & Coto, O. (2012). *Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental*. 46(3), 16. digital.
- Melgarejo Caballero, M. N. (2018). Efecto de los microorganismos eficientes en la actividad fitoextractora de *Helianthus annuus* L. En suelos contaminados con metales pesados por minería en Samne. *Universidad César Vallejo*, 163. digital.

- Melignani, E. (2017). *Pautas para la remediación y recuperación de áreas sujetas a contaminación mixta de cuencas urbanas y periurbanas de llanura* [Tesis presentada para optar al título de Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Buenos Aires]. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis_n6192_Melignani
- Molina, J. (2011). *Charlas ambientales para las comunidades del valle alto del Choapa*. 6(3), 17.
- Moll, G. (2021). *Observación de Flora Mundial. Sonchus oleraceus (L.) L. (Cerraja)*. <https://identify.plantnet.org/es/the-plant-list/observations/1009611194>
- Núñez López, R. A., Meas, Y., & Olquin, E. (2004). *Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones*. *Revista Biotecnología y biología molecular*. 15.
- Núñez Moreno, M. S. (2022). Aplicación de técnicas de fitorremediación en suelos contaminados con plomo y cadmio. *ConcienciaDigital*, 5(1.3), Article 1.3. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i1.3.2089>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Intoxicación por plomo*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Ortiz-Cano, H. G., Trejo-Calzada, R., Valdez-Cepeda, R. D., Arreola-Ávila, J. G., Flores-Hernández, A., & López-Ariza, B. (2009). FITOEXTRACCIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS USANDO QUELITE (*Amaranthus hybridus* L.) Y MICORRIZAS. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XV(2), 161-168. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.15.022>
- Pajoy Muñoz, H. M. (2017). *Potencial fitorremediador de dos especies ornamentales como alternativa de tratamiento de suelos contaminados con metales pesados*. 143.
- Paredes Tello, E. E. (2021). *Efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L.) y (*Urtica dioica* L.) en la calidad del suelo*

usado como botadero a cielo abierto, Marabamba, provincia y departamento de Huánuco—2021.
<http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/3187>

- Peláez Bailón, E. Y. (2013). EFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PLOMO EN EL CRECIMIENTO DE *Sonchus oleraceus* “cerraja” EN CONDICIONES DE LABORATORIO. *Sagasteguiana*, 1(2), Article 2.
- Pelaéz Bailón, E. Y. (2013). Efecto de diferentes concentraciones de plomo en el crecimiento de *Sonchus oleraceus* «cerraja» en condiciones de laboratorio. *Sagasteguiana*, 1(2), 13-22.
- Portillo, G. (2019). Características, hábitat, usos y propiedades del *Sonchus oleraceus*. *Jardinería On*. <https://www.jardineriaon.com/sonchus-oleraceus.html>
- Prieto Mendez, J., Prieto García, F. P., Román Gutiérrez, A. D., & González Ramírez, C. A. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.
- Puga, S., Sosa, M., Lebgue, T., & Quintana, C. (2006). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN SUELO PROVOCADA POR LA INDUSTRIA MINERA. *Ecología aplicada*, 5, 7. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v5n1-2/a20v5n1-2.pdf>
- RAE. (2022). *Plomo | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/plomo>
- Rajkumar, M., Ae, N., Prasad, M. N. V., & Freitas, H. (2010). Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. *Trends in Biotechnology*, 28(3), 142-149. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2009.12.002>
- Rappo, S. (2015). *Contaminantes emergentes*. Rafael Humberto Pagán Santini. <https://estrellasur.wordpress.com/tag/contaminantes-emergentes/>

- Roldan, P. (2009). *Lechuguilla común. Sonchus oleraceus—Ficha informativa*. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/sonchus-oleraceus/fichas/ficha.htm>
- Sánchez Rodríguez, M., & Rengifo Trigozo, J. P. (2017). Evaluación del contenido de metales pesados (Cd y Pb) en diferentes edades y etapas fenológicas del cultivo de cacao en dos zonas del Alto Huallaga, Huánuco (Perú). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.25127/aps.20171.356>
- Sierra Villagrana, R. (2006). *Fitorremediación de un Suelo Contaminado con Plomo por Actividad Industrial* [Informe final, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. digital. <http://alertaplomo.org/sites/default/files/fitorremediacion.pdf>
- Souza, G. (2012). *Edafologia*. Passei Direto. <https://es.passeidireto.com/f/88119195/edafologia>
- Surat, W., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Tanhan, P., & Samranwanich, T. (2008). Potential of *Sonchus Arvensis* for the Phytoremediation of Lead-Contaminated Soil. *International Journal of Phytoremediation*, 10(4), 325-342. <https://doi.org/10.1080/15226510802096184>
- Tak, H. I., Ahmad, F., & Babalola, O. O. (2013). Advances in the application of plant growth-promoting rhizobacteria in phytoremediation of heavy metals. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 223, 33-52. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5577-6_2
- Tello Felix, H. A. (2019). *Eficacia de acumulación de la ortiga (urtica urens) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Provincia Constitucional del Callao, 2018*. 115. digital.
- Tello, L., Jave, J., & Guerrero, J. (2018). Análisis de cuantificación de plomo en suelos de parques recreacionales de la ciudad de Lima—Perú. *Ecología Aplicada*, 17(1), Article 1. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i1.1168>
- Tume, P., Bech, J., Sepulveda, B., Tume, L., & Bech, J. (2008). Concentrations of heavy metals in urban soils of Talcahuano (Chile): A preliminary

study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 140(1), 91-98.
<https://doi.org/10.1007/s10661-007-9850-8>

Vangronsveld, J., Herzig, R., Weyens, N., Boulet, J., Adriaensen, K., Ruttens, A., Thewys, T., Vassilev, A., Meers, E., Nehnevajova, E., van der Lelie, D., & Mench, M. (2009). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: Lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research International*, 16(7), 765-794.
<https://doi.org/10.1007/s11356-009-0213-6>

Villa, F. R. (2014). Nivel de contaminación con metales pesados en suelos agrícolas y sus efectos en hortalizas en el valle Higueras, Huánuco. *Investigación Valdizana*, 8(2), Article 2.

Zamora Echenique, G., Mata Parello, J., & Vargas Elio, A. (2016). *Propuesta de rehabilitación ambiental de la ex-metabol oruro*. 12.

Zeng-Yei, H., Shaw-Wei, S., Hung-Yu, L., Horng-Yuh, G., Ting-Chien, C., & Zueng-Sang, C. (2010). Remediation techniques and heavy metal uptake by different rice varieties in metal-contaminated soils of Taiwan: New aspects for food safety regulation and sustainable agriculture.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Lucas Martel, A. (2024) *Efecto de la fitorremediación con la especie sonchus oleraceus en la recuperación de suelos contaminados por plomo Huanuco-2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Proyecto de tesis: "EFECTO DE LA FITORREMEDIACION CON LA ESPECIE *Sonchus Oleraceus* EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO HUANUCO- 2023"

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Metodología	Técnicas y procedimientos
<p>Problema general ¿Cuál es el efecto de la fitorremediación con la especie <i>Sonchus Oleraceus</i> en la recuperación de suelos contaminados por plomo, 2023?</p> <p>Problemas específicos P1: ¿Cuáles son las características fisicoquímico del suelo contaminado por plomo? P2: ¿Cuáles son las características fisicoquímico del suelo contaminado por plomo después de la fitorremediación con la especie <i>Sonchus Oleraceus</i>? P3: ¿Cuál es la diferencia entre las características fisicoquímico del suelo antes y después de la fitorremediación?</p>	<p>Objetivo general Demostrar el efecto de la fitorremediación con la especie <i>Sonchus Oleraceus</i> en la recuperación de suelos contaminados por plomo, 2023.</p> <p>Objetivos específicos O1: Analizar las características fisicoquímico del suelo contaminado por plomo. O2: Evaluar las características fisicoquímico del suelo contaminado por plomo después de la fitorremediación con la especie <i>Sonchus Oleraceus</i>. O3: Comparar las características fisicoquímico de los suelos antes y después de la fitorremediación</p>	<p>Hi: La fitorremediación con la especie <i>Sonchus Oleraceus</i> tiene efecto positivo en la recuperación de suelos contaminados por plomo - 2023.</p> <p>Ho: La fitorremediación con la especie <i>Sonchus Oleraceus</i> no causa efecto en la recuperación de suelos contaminados por plomo - 2023.</p>	<p>Variable de estudio Fitorremediación con la Especie <i>Sonchus Oleraceus</i>.</p> <p>Variable de caracterización Recuperación de Suelos Contaminados</p>	<p>TIPO DE ESTUDIO experimental, longitudinal y prospectivo Enfoque: cuantitativo Alcance o nivel: aplicativo Diseño: En el presente estudio se utilizó como diseño de estudio el experimental. O1 \Rightarrow X \Rightarrow O2 O1: observación inicial X: fitorremediación O2: observación final. Población Estará constituido por 100 kg de suelo contaminado con plomo obtenido de una calicata. Muestra La muestra de estudio lo constituirá 50 kg, el cual estará repartido en 2 maceteros de 10 kilogramos cada uno, se realizarán las muestras en tres etapas con un intervalo de 30 y 15 días entre los monitoreos (el primer monitoreo se realizará a los 30 días de iniciado la siembra y el segundo 30 días después y el tercero a los 15 días después).</p>	<p>Técnicas: En el presente estudio se usará como técnica la observación y como instrumento las fichas de campo.</p> <p>Para el muestreo de suelo se usará:</p> <p>-Se usará la Guía de muestreo de suelos Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM y el D. S. N° 002-2013-MINAM.</p> <p>-Ficha de análisis de laboratorio.</p>

ANEXO 2

GUIA DE ANALISIS

Guía de análisis de ficha documental de la calidad de suelo.

Código:

1. DATOS GENERALES DEL INVESTIGADOR

Nombre del investigador:

2.1. DATOS GENERALES SOBRE PUNTO DE MONITOREO

Ubicación del punto de monitoreo

Departamento:	Punto de muestreo:
Provincia:	Finalidad del monitoreo:
Distrito:	Número de muestra:
Localidad:	Fecha y Hora de muestreo:
Nombre:	Fecha y Hora de llegada a laboratorio:
Clasificación	Preservada:

Sistema de coordenadas: Proyección UTM Coordenadas (WGS84):

Norte:	Zona:
Este:	Altitud:

	resultado
	Color
	Temperatura
	pH
PARAMETROS	Conductividad eléctrica
	M. orgánica
	textura
	plomo

ANEXO 3 RESULTADOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANÁLISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	LUCAS MARTEL ALEJANDRA SORAYA	MUESTREADO POR:	LUCAS MARTEL ALEJANDRA SORAYA
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN:	25/05/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	25/05/2023
DISTRITO:	AMBO	FECHA DE REPORTE:	26/05/2023
SECTOR:	AYANCOCHA	RECIBO O FACTURAL:	23013107
CULTIVO:	MAIZ	OBSERVACIÓN:	EFFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON LA ESPE DE <i>amaranthus</i> <i>sp.</i> EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR FENILO BLANCO (2023)

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		METALES PESADOS
	CODIGO DEL LAB.	MUESTRA	Pb
			TOTAL
			µg/g
1	50811	SUELO M1	526.50
2	50812	SUELO M2	581.00

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ING. LUIS GUERRA MANCILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



analisisdesuelosunas@hotmail.com

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531



ANALISIS DE SUELOS

LASAE



1. DATOS

SOLICITANTE:	LUCAS MARTEL ALEJANDRA SORAYA	PROPIETARIO:	LUCAS MARTEL ALEJANDRA SORAYA
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	28/06/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	28/06/2023
DISTRITO:	AMBO	FECHA DE REPORTE:	5/07/2023
SECTOR:	AYANCOCHA	RECIBO O FACTURA:	23017285
CULTIVO:	MAIZ	OBSERVACION:	*EFECTO DE LA FITOPREMEDIACION CON LA ESPECIE <i>Aspergillus niger</i> EN LA RECUPERACION DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO HUANUCO -2023

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		RESULTADOS DEL ENSAYO
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Pb
1	S0967	SUELO 'M1	241.75
2	S0968	SUELO 'M2	284.96

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

DR. LUIS GERMAN MANGUILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



analisisdesuelosunas@hotmail.com
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531



ANALISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	LUCAS MARTEL ALEJANDRA SORAYA	PROPIETARIO:	LUCAS MARTEL ALEJANDRA SORAYA
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	3/08/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	3/08/2023
DISTRITO:	AMBO	FECHA DE REPORTE:	18/08/2023
SECTOR:	AYANCOCHA	RECIBO O FACTURA:	23018588
CULTIVO:	MAIZ	OBSERVACIÓN:	EFFECTO DE LA FITORREMEDIACION CON LA ESPECIE <i>vinchaza selenosa</i> EN LA RECUPERACION DE SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO HUANUCO -2023

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		RESULTADOS DEL ENSAYO
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Pb (ppm)
			TOTAL
1	S1108	SUELO 'M1	138.675
2	S1109	SUELO 'M2	196.175

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
 Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE AGRONOMIA

 ING. LUIS GERMAN MARSILLA MINAYA
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531



ANALISIS DE SUELOS

LASAE



1. DATOS

SOLICITANTE:	LUCAS MARTEL ALEJANDRA SORAYA	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	15/09/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	15/09/2023
DISTRITO:	AMBO	FECHA DE REPORTE:	28/09/2023
SECTOR:	AYANCOCHA	RECIBO O FACTURA:	23286
CULTIVO:	MAIZ	PROPIETARIO:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO					pH	CE dS/m	M.O. %	N %	C %	Pb total ppm	P disponible ppm	K ppm	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables %	Acidos Cambiables %	Saturación de Aluminio %
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural																				
			%	%	%																					
1	S1262	M1	76	12	13	Arena Franca	8.62	0.746	1.890	0.094	1.096	127.500	47.719	267.651	5.865	4.434	0.600	0.524	0.307	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000	
2	S1263	M2	72	12	17	Arena Franca	8.72	0.635	1.328	0.066	0.770	185.000	46.394	286.401	5.789	4.396	0.588	0.533	0.271	0.000	0.000	--	100.000	0.000	0.000	

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
 Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA

ING. LUIS GERMAN MANUELA MINAYA
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANEXO 4
PANEL FOTOGRAFICO







