

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Eficacia de uso de vetiveria (chrysopogon zizanioides) bajo condiciones de vivero en la recuperación de suelo contaminado por plomo – Huánuco 2022”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Hidalgo Salas, Melissa Lorena

ASESOR: Bonifacio Munguía, Jonathan Oscar

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Modelación, análisis y control de la contaminación ambiental

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2018-2019)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

D

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): 72890676

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 46378040

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-3013-8532

H

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión pública	22511841	0000-0002-5671-1907
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofía	Maestro en Ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 10:00 horas del día 15 del mes de diciembre del año 2023, 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. Raúl Cajahuanca Torres (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2904-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFICACIA DE USO DE VETIVERIA (*Chrysopogon zizanioides*) BAJO CONDICIONES DE VIVERO EN LA RECUPERACION DEL SUELO CONTAMINADO POR PLOMO - HUANUCO 2022"** presentado por el (la) Bach. **HIDALGO SALAS, MELISSA LORENA**, 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 Unanidad* el calificativo cuantitativo de *1.3* y cualitativo de *Suficiente* (Art. 47)

Siendo las *10:00* horas del día *15* del mes de *Diciembre* del año *2023*, los miembros del Jurado Calificador firman la presente *Acta* en señal de conformidad.

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

Mg. Raúl Cajahuanca Torres
ORCID: 0000-0002-5671-1907
Secretario

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



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, JONATHAN OSCAR BONIFACIO MUNGUÍA, asesor(a) del PA de INGENIERIA AMBIENTAL. y designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N°1244-2019-D-FI-UDH del Bachiller HIDALGO SALAS, Melissa, de la investigación titulada "EFICACIA DE USO DE VETIVERIA (*Chrysopogon zizanioides*) BAJO CONDICIONES DE VIVERO EN LA RECUPERACIÓN EL SUELO CONTAMINADO POR PLOMO – HUÁNUCO 2022"

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 25% 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 constituyen 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, 20 de diciembre de 2023

Ing. Jonathan Oscar Bonifacio Munguía
DNI: 46378040

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Ahsanullah University of Science and Technology Trabajo del estudiante	16%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	exploredoc.com Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Mountain Lakes High School Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.espam.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	

NOMBRES Y APELLIDOS: JONATHAN OSCAR BONIFACIO MUNGUIA
COD. ORCID: 0000-0002-3013-8532
DNI: 46378040



Ing. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia
DOCENTE
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DEDICATORIA

La tesis está consagrada a Dios, cuya gracia me ha permitido culminar mi formación académica.

Agradezco profundamente a mis progenitores su constante presencia, ayuda y consejos atinados que me han ayudado en mi desarrollo personal.

A Emiliano, mi querido hijo, cuya inspiración me motiva, impulsándome a esforzarme cada día más en busca de un futuro prometedor para ambos.

Asimismo, extiendo mi gratitud a mis hermanos y sobrinos por sus alentadoras palabras y por compartir conmigo momentos valiosos.

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud se extiende a la Universidad de Huánuco, y en particular a los catedráticos de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, por el valioso conocimiento transmitido durante mi trayectoria académica.

Es imprescindible agradecer profundamente a mis progenitores, que me han apoyado incondicionalmente en cada una de mis decisiones y me han brindado la fuerza para perseverar en este camino. Asimismo, agradezco a mi hijo, por ser la fuente de mi crecimiento personal.

También deseo agradecer a mis jurados, por sus valiosas recomendaciones y por su paciencia durante la elaboración de este trabajo investigativo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	13
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	13
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	15
CAPÍTULO II.....	16
MARCO TEÓRICO	16
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	16
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	18
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	20
2.2. BASES TEÓRICAS.....	21
2.2.1. CONTAMINACIÓN DE SUELO POR PLOMO	21
2.2.2. LA PLANTA DE VETIVER.....	24
2.2.3. EFICIENCIA DE LA PLANTA VETIVER.....	24
2.2.4. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	25
2.2.5. DENSIDAD APARENTE.....	25

2.2.6.	DENSIDAD REAL.....	26
2.2.7.	TEXTURA.....	26
2.2.8.	ESTRUCTURA.....	27
2.2.9.	COLOR.....	27
2.2.10.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO	27
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	30
2.3.1.	METAL PESADO	30
2.3.2.	RELAVE	31
2.3.3.	SUELO	31
2.3.4.	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	32
2.3.5.	LIXIVIACIÓN	32
2.4.	HIPÓTESIS	33
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	33
2.5.	VARIABLES	33
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	33
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	33
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	34
CAPÍTULO III.....		35
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		35
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.1.1.	ENFOQUE.....	35
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	35
3.1.3.	DISEÑO.....	35
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	36
3.2.1.	POBLACIÓN	36
3.2.2.	MUESTRA.....	36
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	36
CAPÍTULO IV.....		37
RESULTADOS.....		37
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	37
4.2.	CONTRASTACION Y PRUEBA DE HIPOTESIS	41
CAPÍTULO V.....		43
DISCUSION DE RESULTADOS.....		43
CONCLUSIONES		45

RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relación entre la densidad aparente y la porosidad total (Duchaufour, 1965).....	25
Tabla 2 El (IGAG) proporciona valores generalizados de retención de humedad a 0.3 y 15 bar en función de las clases de texturade del suelo	27
Tabla 3 Rangos de interpretación de la estabilidad estructural con respecto al diámetro ponderado medio· DPM (IGAG).....	27
Tabla 4 Operacionalización De Variable	34
Tabla 5 Resultado del estudio mecanico del suelo contaminado por plomo tras el tratamiento con la Vetiveria.....	37
Tabla 6 Resultado de los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado por plomo antes y luego de la aplicación de Vetiveria	38
Tabla 7 Resultados de los parámetros químicos variables del suelo contaminado por plomo antes y luego de la aplicación de Vetiveria.....	39
Tabla 8 Prueba de normalidad de los datos	40
Tabla 9 Prueba de hipótesis con la t de Student para muestras relacionadas	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Resultado del estudio mecanico del suelo contaminado por plomo tras la intervencion con la vetiveria	37
Figura 2 Resultado de los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado por plomo antes y luego de la aplicación de vetiveria.....	39
Figura 3 Resultados de los parámetros químicos cambiables del suelo contaminado por plomo antes y luego de la intervención con la vetiveria, Huánuco, 2022.....	40
Figura 4 Acondicionamiento de lugar.....	61
Figura 5 Cerniendo la tierra para luego plantar la vetiveria	61
Figura 6 Figura 03. Las esquejas de la vetiveria.....	62
Figura 7 Plantación de las esquejas de la vetiveria en las bolsas de palta.	62
Figura 8 Dejando el suelo extraído de la plantación para la muestra y análisis de plomo en la Universidad Agraria de la Selva.	63
Figura 9 Cerniendo la tierra para realizar el análisis de concentración de plomo	64
Figura 10 Vertiendo en bolsas la tierra para el secado correspondiente	65
Figura 11 Marcando los vasos para luego hacer su respectivo pesado de la tierra extraído del terreno.....	65
Figura 12 Realizando el pesaje de la tierra y determinar el pH. su textura, el zinc, el calcio, el magnesio y el potasio. Etc	66
Figura 13 Secado del suelo	66
Figura 14 fotografía panorámica del terreno donde se realizó la Presente Tesis.	67
Figura 15 Resultado del análisis del suelo antes de la intervención de la Vetiveria en el suelo contaminado por plomo	68
Figura 16 Resultado del análisis del suelo después de la intervención de la Vetiveria en el suelo contaminado por plomo	69

RESUMEN

La investigación titulada “Eficacia De Uso De Vetiveria (*Chrysopogon Zizanioides*) Bajo Condiciones De Vivero En La Recuperación Del Suelo Contaminado Por Plomo – Huánuco” se llevó a cabo en el Distrito de Pillco Marca, específicamente – Centro Poblado de Andabamba, la ubicación geográfica de este estudio se determinó usando las coordenadas UTM del sistema WGS 1984 datum, en la Zona 18 Sur, Metro; Meridiano Central 75° Oeste, con coordenadas Este 363728 y Norte 8893854; tiene por **objetivo** de examinar la eficacia de la vetiveria (*chrysopogon zizanioides*) bajo condiciones de vivero en la recuperación de suelo contaminado por plomo en la provincia de Huánuco. **Metodología** es de enfoque cuantitativo, experimental-explicativo y completamente aleatorizado. Este estudio se efectuará en la provincia y departamento de Huánuco, específicamente en un parche de 45m cuadrados de suelo afectado por contaminación de plomo. **El resultado** del estudio en la prueba de normalidad muestra que la significación bilateral (p-valor) supera al umbral convencional del 5%. Esto revela que la distribución de datos es normal, como es evidente en cada uno de los indicadores analizados. Por consiguiente, se concluye que la Vetiveria (*Chrysopogon Zizanioides*) contribuye a la reducción de la contaminación provocada de plomo en el suelo, lo cual se ha verificado a través de parámetros fisicoquímicos estudiados en la tierra.

Esta investigación contribuirá tanto a nivel práctico como teórico en la mitigación de la contaminación por plomo, un metal pesado, en áreas agrícolas. Además, en lo que respecta a los Estándares de Calidad Ambiental para suelos inorgánicos, se notó que los niveles de plomo en las muestras de tierra excedieron inicialmente el ECA. Sin embargo, tras la aplicación de Vetiveria, la concentración descendió a 191 ppm, lo cual se considera un resultado significativo.

Palabras clave: Eficacia, veterinaria, *Chrysopogon*, recuperación, suelo.

ABSTRACT

The research titled “Efficacy of Using Vetiveria (Chrysopogon Zizanioides) Under Nursery Conditions in the Recovery of Lead Contaminated Soil – Huánuco” was carried out in the District of Pillco Marca, specifically – Populated Center of Andabamba, the geographical location of This study was determined using the UTM coordinates of the WGS 1984 datum system, in Zone 18 South, Metro; Central Meridian 75° West, with coordinates East 363728 and North 8893854;

Its objective is to examine the effectiveness of vetiveria (chrysopogon zizanioides) under nursery conditions in the recovery of soil contaminated by lead in the province of Huánuco. Methodology is quantitative, experimental-explanatory and completely randomized. This study will be carried out in the province and department of Huánuco, specifically in a 45 square meter patch of soil affected by lead contamination. The result of the study in the normality test shows that the bilateral significance (p-value) exceeds the conventional threshold of 5%. This reveals that the data distribution is normal, as is evident in each of the indicators analyzed. Therefore, it is concluded that Vetiveria (Chrysopogon Zizanioides) contributes to the reduction of lead contamination in the soil, which has been verified through physicochemical parameters studied on earth.

This research will contribute both practically and theoretically to the mitigation of contamination by lead, a heavy metal, in agricultural areas. Additionally, in regards to the Environmental Quality Standards for inorganic soils, it was noted that lead levels in the soil samples initially exceeded the ECA. However, after the application of Vetiveria, the concentration decreased to 191 ppm, which is considered a significant result.

Keywords: Efficacy, veterinary, Chrysopogon, recovery, soil.

INTRODUCCIÓN

El suelo constituye la base del sistema alimenticio: se calcula que el 95% de los alimentos se obtienen de manera directa o indirecta a partir del suelo. Un suelo en buen estado suministra los nutrientes fundamentales, agua, oxígeno y soporte radicular que requieren las plantas productoras de alimentos para su desarrollo y florecimiento. (García, 2022)

La concentración de metales pesados en terrenos agrarios es un peligro para el bienestar humano y criaturas vivientes.

Es crucial estudiar su concentración en suelos destinados a la agricultura, dado que los metales pesados presentan consecuencias adversas para la salud humana. Estos metales están accesibles para las plantas en el suelo y pueden desplazarse a las capas más profundas, alcanzando las aguas subterráneas. Así, también pueden absorberse por medio de sus raíces. Por ello, es esencial monitorear la calidad del suelo en áreas de actividad agrícola para establecer referencias que permitan comparaciones futuras y detectar alteraciones en la calidad del suelo debidas a actividades humanas. (Agropecuaria, Scielo Peru, 2020)

El vetiver, conocido en algunas regiones como "pasto maravilloso", se destaca por sus características beneficiosas. Entre estas, resalta la profundidad y robustez de sus raíces, aspectos que la hacen una herramienta valiosa para conservar y potenciar la calidad del suelo y el agua.

Originaria de las áreas pantanosas de la India, esta gramínea es considerada una de las plantas más eficaces a nivel global para combatir la erosión, conservar el suelo, prevenir y controlar deslizamientos de tierra, y conservar el agua. Su uso también se extiende a la bioingeniería la depuración de aguas negras, es una fuente de muchos productos. Además, se emplea en "la industria de la perfumería", "construcción", "medicina", "artesanía" y "generación de energía", entre otras aplicaciones significativas. (Orellana, 2020)

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema expuesto se fundamenta en el entendimiento del suelo como elemento vital del medio ambiente donde la vida florece, es susceptible de dañarse y su restauración es complicada y prolongada (puede demorar desde miles hasta cientos de miles en años en regenerarse). Además, su disponibilidad es escasa, lo que lo clasifica como un recurso natural no renovable. (Sandra & Restrepo, Scielo, 2009).

En el medio natural se identifican 59 minerales clasificados como metales pesados o elementos traza. De estos elementos hallados en los suelos, 17 se consideran altamente tóxicos, y de estos, 10 son fácilmente desplazados por actividades humanas en cantidades que superan ampliamente los procesos geológicos naturales. Dentro de estas actividades humanas, la agricultura y minería destacan como fuentes primarias de oligoelementos como el plomo. (Emilio & Baena., 2008)

Se ha detectado que en suelos de terrenos no cultivables los niveles de plomo varían entre 8 a 20 mg Pb/Kg, y en áreas agrícolas estos valores pueden superar los 360 mg Pb/Kg. En zonas de gran contaminación industrial, los suelos pueden presentar concentraciones de plomo de hasta 10 g Pb/Kg o incluso más. (Gutiérrez, 2004)

La Oroya representa un ejemplo significativo y duradero de contaminación de suelos. En esta zona se llevan a cabo actividades de fundición de metales, incluyendo el plomo, que se emite al aire. Dado su carácter de metal pesado, se asienta y acumula en el suelo, facilitando así su incorporación a la cadena alimentaria y amplificando su potencial contaminante de un nivel a otro. (Anna & Alberto, 2002)

Existen plantas conocidas como metalófitas, que evolucionaron con mecanismos fisiológicos que les permiten resistir, adaptarse y prosperar en suelos altamente contaminados con metales. (Becerril, 2014)

Dada esta premisa, es imperativo prestar atención a la rehabilitación de suelos contaminados con plomo. En Huánuco, hay minas que no respetan las normativas ambientales, lo que a largo plazo conlleva evidentes problemáticas en contaminación de suelos y aguas. Por ello, resulta esencial estudiar el papel de la Vetiveria en la restauración de estos suelos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia del uso de Vetiveria (*chrysopogon zizanioides*) bajo condiciones de vivero en la recuperación de suelo contaminado por plomo - Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son los cambios mecánicos en el suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con Vetiveria (*Chrysopogon Zizanioides*)?
- ¿Cuáles son los cambios en las características fisicoquímicas del suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con Vetiveria (*Chrysopogon zizanioides*)?
- ¿Cuáles son los cambios en los parámetros químicos cambiables del suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con Vetiveria (*Chrysopogon zizanioides*)?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficacia de la Vetiveria (*chrysopogon zizanioides*) bajo condiciones de vivero en la recuperación de suelo contaminado por plomo – Huánuco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- evaluar los cambios mecánicos en el suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con Vetiveria (*Chrysopogon. zizanioides*).
- evaluar los cambios en las características fisicoquímicas del suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con Vetiveria (*Chrysopogon. zizanioides*).
- evaluar los cambios en los parámetros químicos cambiables del suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con Vetiveria (*Chrysopogon. zizanioides*).

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Vetiveria debido a las particularidades fisiológicas, contribuye significativamente a reducir la contaminación de plomo en los suelos. Esta planta se adapta fácilmente a diversas variaciones de clima y físicas de suelo y preserva la humedad del mismo, mejora los rendimientos agrícolas y captura grandes cantidades de carbono atmosférico. Esta especie vegetal tiene la capacidad de sobrevivir en rangos extremos de temperatura y precipitaciones. La aplicación del vetiver representa una alternativa económica para minimizar los daños potenciales de fenómenos extremos y catástrofes, como prevenir deslizamientos de tierra y la contención de erosiones e inundaciones.

Asimismo, mitiga la gravedad de las inundaciones al reducir la corriente de aguas lluvias en terrenos con inclinación y potencia la reintegración de agua al subsuelo. Adicionalmente, optimiza la calidad del agua al impedir la dispersión de sedimentos y contaminantes en los ríos, actuando efectivamente como un filtro biológico.

Crea un enorme impacto social notable al suministrar insumos para manualidades o edificaciones. Adicionalmente, dada su característica no invasiva, su empleo como barrera viva es ventajoso, resguardando y al aminorar los gastos de conservación en construcciones de autopistas, canales, vías y similares.

Por ende, este estudio investigativo es esencial al proponer una tecnología enfocada en la regeneración de suelos contaminados de metales pesados, específicamente de plomo.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La economía presenta limitación, dado que para su análisis será indispensable enviar muestras a los laboratorios de la Universidad Agraria de la Selva en Tingo María.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de la investigación fue viable por los siguiente:

- El valor de la vetiveria es alcanzable.
- beneficiará a la comunidad de cultivadores ornamentales, tanto en entidades públicas como privadas, para mejorar parques y jardines.
- Su raíz puede alcanzar hasta 5 m de manera vertical en lo que ayudar a absorber el plomo y recuperar nutrientes.
- Tiene la condición de tolerar sequias y climas adversos.
- Ayuda a retener la humedad por el mismo largo de su raíz ayudando a tener un mejor suelo.
- Favorece como barrera viva no invasora.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Santana y Santos (2016) en su trabajo investigativo titulada “Eficiencia del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) ex – situ en la remoción de contaminantes orgánicos, caso de estudio río muerto, cantón Manta”.

Objetivo: Evaluar en qué medida la hierba vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) elimina los contaminantes orgánicos cuando se cultiva fuera del suelo **Metodología:** adopta un diseño totalmente aleatorio, consistente en cuatro tratamientos que involucraron el uso de 30, 12 y 2 esquejes de vetiver en hidroponía, más un control. Cada tratamiento se realizó en un contenedor con 20L agua, replicándose cada uno tres veces. **Conclusiones:** los resultados del análisis físico-químico y microbiológico revelan que los niveles de Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, fosfatos y oxígeno disuelto exceden los estándares aceptables de calidad estipulados en el libro de TULSMA (VI – anexo 1). Asimismo, se observó que los esquejes de vetiver empleados mostraron una buena adaptación, crecimiento y resistencia registrándose un índice de mortalidad del 18%, lo cual podría atribuirse al empleo de esquejes demasiado jóvenes.

Arce et al (2016), realizaron la tesis “Uso de *Chrysopogon zizanioides* para fitorremediación de suelos contaminados por As y Hg”

Objetivo: Establecer si la vetiveria *Chrysopogon zizanioides* puede fitorremediar terrenos contaminados de As y Hg. **Metodología:** Se emplearon quince (15) plantas de vetiver seleccionadas por su homogeneidad. Estas plantas fueron sometidas a un proceso de aclimatación durante una semana.

Luego, se comenzó a sembrar en maceteros con tierra del vertedero no autorizado de Lomas de Tabure, donde se observó una alta concentración de los contaminantes señalados. Se efectuó un monitoreo semanal centrado en el desarrollo del *Chrysopogon zizanioides*. Para examinar las muestras de raíz, tejido de las hojas y tierra (previo y posterior al tratamiento), se emplearon técnicas como la espectrometría de absorción atómica en llama y la Fluorescencia de los rayos x. **resultado:** Se observó que el desarrollo de las plantas, en grupo de control y experimental, no mostró variaciones relevantes. En lo que respecta al desarrollo del follaje y la aparición de nuevos brotes, se notó una mínima variación entre ambos tratamientos desde la semana dos, destacando el grupo control con más hojas jóvenes. A lo largo del periodo de observación, las plantas en terrenos con elevadas cantidades de mercurio mostraron una conducta comparable en cuanto a crecimiento y expansión del follaje, en relación al grupo sembrado en suelos limpios.

Vargas et al. (2013) realizaron el estudio denominado "Comportamiento de la Vetiveria (*Chrysopogon zizanioides* L. Roberty) como extractora de metales pesados en suelos contaminados".

Objetivo: Examinar la eficacia y el potencial de extracción de Vetiver en terrenos afectados por metales pesados. Este estudio examinara la solubilidad de metales como el cobre, manganeso y zinc en 3 terrenos mineros, y cómo estos son absorbidos por Vetiveria utilizando un ácido húmico comercial elaborado a partir de leonardita.

En un ambiente de control se estableció un experimento en macetas, en el cual emplearon tres tipos de suelos obtenidos de las áreas mineras de la Unión (Murcia), Cuadrón y Bustarviejo (Madrid). **Metodología:** en el diseño experimental se contempla 4 niveles de tratamiento con ácido húmico: ácido húmico: 0, 2, 10 y 20 g/kg de tierra, con 10 réplicas por nivel. **Resultado:** En cuanto a los resultados, se observó que el suelo de Cuadrón, el cual había estado alrededor de un siglo de antigüedad frente a los otros 2 suelos, exhibió características

como una conductividad eléctrica más baja, el pH elevado, lo que resultó en una mayor presencia de vegetación y un contenido más alto de materia orgánica. Todos estos suelos compartían una textura gruesa. Se identificaron diferencias notables ($p=0,05$) entre Bustarviejo y La Unión en relación a Cuadrón en cuanto a la cantidad de cobre en las secciones superiores de las plantas. Se considera que niveles de cobre en el tejido vegetal aéreo superiores a 150-400 mg.kg⁻¹ pueden ser fitotóxicos en suelos agrícolas. En lo que concierne al zinc y al cadmio, se dieron desigualdades estadísticas ($p=0,05$) en medio de Bustarviejo y Cuadrón frente a la Unión. En cuanto al manganeso, se notaron disimilitudes significativas ($p=0,05$) entre Cuadrón y La Unión comparadas con Bustarviejo. Cabe resaltar que la toxicidad del cadmio en las plantas no solo se basa en las cantidades de tal componente presentes en la solución del suelo, sino también en su asimilación por las plantas, y esta reacción puede cambiar dependiendo de la especie vegetal considerada.

Conclusión: Se notó que *Vetiveria zizanioides* tuvo problemas para desarrollarse en terrenos con alta contaminación de metales pesados, como se encontró en La Unión y Bustarviejo. No obstante, mostró un crecimiento satisfactorio en el suelo de Cuadrón, el cual había dejado de estar activamente involucrado en la actividad minera hace más de un siglo. Cabe resaltar que las plantas que sobrevivieron en suelos con alta contaminación se encontraban en los tratamientos con un 10% de ácido húmico, indicando que este ácido podría jugar un rol de inmovilización de metales pesados de dichas tierras.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Cori (2016), en su proyecto “Capacidad del Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) para la fitorremediación de suelos con plomo contaminado por relaves mineros; nivel de laboratorio, 2016”.

Objetivo: analizar el potencial del Vetiver en la fitorremediación de plomo en terrenos afectados con residuos mineros. **Resultados:** revelaron que la planta Vetiver logró acumular en su totalidad 57,7 mg/kg de plomo en sus raíces y hojas a partir de la muestra, lo que representó

una disminución significativa en la concentración inicial de plomo en el material de desecho, que era de 1029,4 mg/kg de muestra, disminuyendo a 969,8 mg/kg. **Conclusión:** En el entorno de laboratorio, Vetiveria mostró un efectivo potencial de fitorremediación en tierras contaminadas por desechos mineros, lo que resultó en una reducción significativa de 969,8 mg/kg en la concentración de su muestra. En resumen, a nivel de laboratorio, Vetiveria demostró ser altamente eficaz en la fitorremediación de suelos contaminados por desechos mineros, logrando una disminución del 94% en la contaminación por metales pesados.

Campoverde (2017), en su tesis “Remoción de materia orgánica Mediante *Chrysopogon Zizanioides* En el Tratamiento Secundario De Aguas Residuales Domesticas De Citrar”.

Objetivo: Evaluar su eficacia de la eliminación de remoción por el vetiver *Chrysopogon zizanioides* en la materia orgánica de las aguas residuales domésticas midiendo su contenido en carbono orgánico total. **Metodología:** Se refiere a cuerpos de agua con una profundidad que varía entre 0,4 y 1,5 metros, en los cuales se observa el crecimiento de plantas acuáticas, predominantemente las especies *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*. **Resultado:** A lo largo del período de estudio, se notó que, en las dos primeras semanas, El vetiver experimentó transformaciones como resultado de su proceso de adaptación al entorno. **Conclusión:** En este estudio, se alcanzó una efectividad del 63% en la eliminación de compuestos orgánicos, cuantificada mediante el indicador de Carbono Orgánico Total, usando la especie acuática *Chrysopogon zizanioides* en la purificación de aguas residuales domésticas. También, se registró una disminución en el parámetro de Demanda Química de Oxígeno en todos los meses al tratar las aguas residuales con vetiver. Hubo una reducción considerable en los primeros meses, sin embargo, en los meses finales se vio una baja en la capacidad de eliminación debido a la aparición de algas, larvas de insectos y otros factores.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Los estudios locales sobre la recuperación de suelos son limitados, y hay una falta de investigaciones que se centren en este tema. La cantidad de estudios que abordan esta cuestión es reducida, y en ellos se resalta la importancia de investigar más en esta área:

Mays (2017), es su investigación “Reducción De La Erosión Hídrica Del Suelo, Con La Utilización De La Vetiveria *Zizanoides* En La Microcuenca De *Tingoragra Nauyan Rondos*, Provincia De Huánuco 2017”.

Objetivo: aminorar su erosión hídrica, empleando la Vetiveria “*Chrysopogon zizanoides*” en los tierras de la microcuenca de Tingoragra - Rondos. **Metodología:** Para estudiar su erosión hídrica mediante técnicas directas, se utilizaron los procedimientos siguientes: la técnica de erosión por salpicadura, la técnica de clavos o barras de erosión, y la técnica de cuantificación de sedimentos en la corriente de agua. **Resultados:** Se observó la pérdida de nutrientes (fósforo, calcio y magnesio) en Kg/ha debido a la escorrentía superficial durante las intensas lluvias que ocurrieron de noviembre a febrero. En 5 meses se registró un total de 390.2 milímetros de precipitación. Hubo un bajo registro de lluvia en octubre, seguido de registros significativamente altos en noviembre y diciembre, y un registro intermedio en enero y febrero. Dichos datos fueron proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Huánuco. El mayor volumen de suelo erosionado en la superficie debido a las lluvias se observó en la Micro parcela 03 - (Sin Plantaciones), con un total de 11.68 t/ha durante las lluvias. Le siguió la Micro parcela 02 - (Plantación de Plantas Nativas), con 8.2 t/ha durante el mismo período, y por último, la Micro parcela 01 - (Plantación de Vetiveria *Zizanoide*), con 4.59 t/ha durante las lluvias. La estimación de la erosión hídrica se realizó mediante una fórmula que implicaba sumar los milímetros de erosión observados en cada una de las varillas y luego dividirla entre el total de varillas en la micro parcela. Se estableció que la presencia de la planta Vetiveria, también conocida como "*Chrysopogon Zizanoides*", redujo la erosión del suelo en un 22.24

toneladas por hectárea en la microcuenca de Tingo Ragra durante la temporada de lluvias.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CONTAMINACIÓN DE SUELO POR PLOMO

El plomo al ser un elemento contaminante de metales pesados no se degrada y persiste al medio ambiente. Su alta capacidad para estar presente en la biota lo convierte en un riesgo para todos los seres vivos, ya que puede afectar por completo a los órganos y sistemas del cuerpo humano. A pesar de estas preocupaciones, sus propiedades únicas lo hacen valioso y ampliamente utilizado como metal pesado. El suelo, componente esencial del ecosistema, constituye el receptor principal de metal pesado. El propósito de este estudio es indagar la conexión del plomo con el suelo, así como entre el plomo y los seres humanos, con el fin de comprender mejor los riesgos que plantea para el medio ambiente y la salud humana (Fernandez, 2018).

La composición de las rocas madre y los mecanismos naturales que dan lugar al suelo, determinan la cantidad de estos metales de forma natural. No obstante, la actividad humana ha ocasionado un crecimiento de estos metales en la tierra, siendo esta la razón de las concentraciones tóxicas que se detectan. En la tierra, existen metales pesados en diversas formas como: iones libres, adsorbidos, formando complejos orgánico-minerales o precipitados. Existe un equilibrio dinámico entre estas diferentes formas en el suelo, que puede ser influenciado por las condiciones ambientales, el tipo de vegetación presente y la actividad microbiana en el suelo.

La absorción de metales pesados en la tierra se ve disminuida en cierta medida debido a procesos como lixiviación, absorción, erosión y otros. No obstante, el suelo puede funcionar como un reservorio a largo plazo de estos contaminantes, ya que retendrá esos metales que no salieron del sistema. Las actividades que contribuyen al aumento de las cantidades de estos metales pesados son:

- Actividades de minería y fundición: La actividad minera comprende una serie de operaciones que tienen el potencial de generar contaminación, incluyendo la generación de polvo en dichas actividades o en las capas superficiales de suelos minerales que contienen concentraciones elevadas de Cu, Ni, Se y Fe.
- Generación de electricidad: La quema de carbón resulta en la deposición de metales en el suelo, mientras que la quema de petróleo puede ser una fuente de plomo, níquel y vanadio.
- Las instalaciones de producción de hierro y acero liberan metales como el níquel, mientras que las fábricas de baterías emiten cantidades significativas de plomo. En áreas altamente industrializadas, se encuentran metales como el cadmio, cromo, hierro, plomo, zinc y mercurio.
- Residuos domésticos. El 10% de los desechos consiste en metales. Para gestionar la cantidad de basura, existen diversas opciones:
 - ✓ Sitios de disposición de residuos donde la descomposición anaeróbica origina azufre y amoníaco, lo que puede dar lugar a la contaminación del suelo.
 - ✓ La acción de enterrar los desechos, lo cual podría provocar la polución de acuíferos.
 - ✓ La quema de residuos, lo que conlleva la contaminación del aire al liberar ciertos metales que pueden evaporarse.
 - ✓ La transformación de la parte orgánica en compost con el propósito de utilizarlo como enmienda orgánica puede ser otra forma de introducir metales pesados en la tierra.

El plomo es un poluto presente en el aire, agua y suelo. El suelo puede provenir desechos industriales, actividades mineras, la deposición atmosférica y, en caso de que la roca madre lo contenga, de forma natural. El terreno puede atrapar el plomo debido a la materia orgánica

y la arcilla presentes. Sin embargo, si el pH es bajo, el plomo se torna móvil y las plantas pueden absorberlo. El plomo entra en el cuerpo humano al ingerirlo directamente, inhalar polvo o a través de la alimentación. Una vez ingresado al organismo, el plomo se almacena en su mayoría en los huesos, aunque también se localiza en el hígado, la médula de los riñones y en los glóbulos rojos. El método principal para expulsar el plomo del cuerpo es mediante la orina, aunque también puede ser excretado en las heces, el sudor y la leche materna. La ingestión de plomo puede afectar al aparato hematopoyético, causando anemia, y al sistema nervioso central, lo que puede dar lugar a encefalopatías. En casos extremos, la intoxicación por plomo puede ser mortal (Vega, 2013).

En años recientes, incrementó notable la cuantía de plomo en el ecosistema, atribuido a múltiples actividades del ser humano, incluyendo “la fundición”, “la minería”, “la producción de pinturas”, “la combustión de gasolina” y “el reciclaje de baterías de plomo-ácido”. Según la Directiva Europea EEC en 1991, estas baterías descartadas se consideran como desechos peligrosos. El reciclaje de residuos es una opción viable frente al depósito en vertederos o incineración, puesto que se puede recuperar alrededor del 98% del metal. Se calcula que, en España, anualmente se descartan en medio de 80,000 y 100,000 tm. de acumuladores de plomo fuera de uso.

Las instalaciones de reciclaje de baterías ácidas llevan a cabo diversas operaciones, como: “la descomposición de batería”, “el drenaje del ácido”, “la separación del metal” y “la fundición del plomo recuperado”. Estas actividades a menudo son responsables de la alta presencia de plomo en los suelos y la vegetación en las proximidades de las fábricas. Esto puede deberse a la gestión inadecuada de vertidos ácidos producidos, o el depósito de partículas de plomo procedentes de vertederos y escombreras, del mismo modo la emisión de la chimenea de la fundición (Cala & Kunimine, 2003).

Los metales pesados son una presencia innata del suelo, sin embargo, se ha observado una acumulación adicional debido a

actividades del individuo, como la industria, agricultura y una inadecuada eliminación de desechos sólidos, en los últimos años.

2.2.2. LA PLANTA DE VETIVER

Hay alrededor de 10 variedades de gramíneas perennes de la Tribu Antropogoneae típicas de las zonas tropicales del planeta, las cuales pertenecen a la familia Gramínea y subfamilia Panicoindae. De estas, el vetiver demostró ser el más adecuado en cuanto a la protección del suelo y agua, la retención de la humedad del terreno y otros propósitos como: “la biorremediación”, “bioingeniería”, “forraje”, “agroforestería”, “usos medicinales”, “artesanías”, “energía”, entre otros.

Sus tallos, que crecen de manera recta y vertical, tienen una longitud que varía entre 0.5 a 1.5 Martines. Las hojas, de naturaleza bastante firme, son alargadas y estrechas, llegando a medir hasta 75 cMartines de largo y no superando los 8 mMartines de ancho. La panícula, es la estructura de formación inflorescente, mide de 15 a 40 cMartines de longitud.

El elevado nivel de sales en las hojas de esta planta contribuye a su supervivencia durante intensas sequías. (Orihuela, 2017)

2.2.3. EFICIENCIA DE LA PLANTA VETIVER

Según el Diccionario de la Lengua Española (2014), “la eficiencia se define como la capacidad y habilidad para alcanzar un efecto específico”; Truong (2004) y Herrera (2015), apuntan que el vetiver exhibe cualidades propicias para salvaguardar el medio ambiente. Esto se debe a su resistencia a soportar concentraciones altas e incluso tóxicas, así como su habilidad de absorber eficientemente nutrientes de nitrógeno y fósforo, y metales pesados presentes en aguas contaminadas, todo ello con la ventaja de tener un costo bajo. Investigaciones han evidenciado que el vetiver cultivado hidropónicamente puede reducir el nitrógeno total de 100 mg/L a 6 mg/L, logrando una eficiencia del 94%. Asimismo, puede reducir el fósforo total

de 10 mg/L a 1 mg/L, alcanzando un 90% de eficiencia. Además, ha mostrado capacidad para incrementar los niveles de oxígeno en 75% y el fósforo en un rango del 15 al 58%. (Ximena & Jessie, 2016)

2.2.4. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Las cualidades físicas desempeñan un rol crucial en el sano desarrollo de los vegetales, aunque a menudo son menos consideradas en comparación con las características químicas. Sin embargo, un entorno ideal para el crecimiento vegetal requiere una interacción activa entre los aspectos físicos, químicos y biológicos del suelo. Dentro de las propiedades físicas incluyen: “color”, “textura”, “estructura”, “densidad”, “consistencia”, “temperatura” y otros intrínsecas y no derivan de otras. Además, están las propiedades derivadas que emergen por la interacción de las cualidades esenciales (Roberto R. C., 1997).

2.2.5. DENSIDAD APARENTE

Relación entre la masa y el volumen del suelo, teniendo en cuenta el espacio poroso que este contiene. Esta propiedad nos informa de la situación del suelo respecto a su compactación, porosidad, así como su capacidad para retener agua y oxígeno, entre otros factores. En las tierras de Llanos, la densidad varía entre 1,2 y 1,95 g/cc. Se considera que la tierra inicia a experimentar dificultades de compactado al superar esta densidad 1,6 g/cc. (Roberto M. C., 1997).

Tabla 1
Relación entre la densidad aparente y la porosidad total (Duchaufour, 1965)

Densidad aparente, G/CC	Porosidad total %
1.0 – 1.2	55 – 62
1.2 – 1.4	47 – 54
1.4 – 1.6	40 – 46
1.6 1.8	32 – 39
>1.8	<31

Nota: La tabla muestra la relación de la densidad aparente y la porosidad total del suelo de acuerdo con Duchaufour (1965), afirma que a medida que aumenta la densidad aparente, aminora la porosidad total. Esto tiene un efecto adverso sobre la disponibilidad de agua y oxígeno, la penetración de las raíces y otras cualidades del suelo.

2.2.6. DENSIDAD REAL

Se refiere a la relación entre el volumen total de partículas sólidas del suelo y su volumen, excluyendo los espacios porosos. La densidad verdadera del suelo, cuando no hay altas proporciones de materia orgánica, varía entre 2.5 y 2.6 g/cc. Llega a su valor más alto de 2.65 g/cc en terrenos con una gran cantidad de arcilla o arena y escasa cantidad de materia orgánica. En tierras ricas en hierro, esta densidad puede exceder los 2.7 g/cc, como es el caso de los suelos ferralíticos (según "propiedades físicas de los suelos", IGAC). Para calcular la porosidad del terreno se usa la siguiente fórmula:

- $PT - (Dr - Da) / Dr \times 100$ donde:
- PT: porosidad total expresada en %.
- Dr: densidad real.
- Da: densidad aparente.

Además, es posible inferir los macroporos (lugares donde se halla el oxígeno accesible) y los microporos, que albergan el agua utilizable por las plantas:

Micro poros = $Da \times \%HE$ Macro poros = $PT - \text{Micro poros}$ dónde: HE representa al porcentaje de contenido de humedad equivalente en el suelo (Roberto M. C., 1997).

2.2.7. TEXTURA

Se refiere a al % que representa el repartimiento de las partículas de la tierra. Dichas partículas se componen de arcilla (menos de 0,002 mm), limo (0,02 – 0,002 mm) y arena (2 – 0,02 mm), (Roberto M. C., 1997).

Tabla 2

El (IGAG) proporciona valores generalizados de retención de humedad a 0.3 y 15 bar en función de las clases de texturade del suelo

Clase textural	Retención de humedad %	
	0.3 bars	15 bars
Arenoso	5 – 15	2 – 10
Franco arenoso	12 – 32	5 – 18
Franca	18 – 40	10 – 30
Franco arcilloso	20 – 50	12 – 35
Arcillosa	25 – 75	15 – 45

Nota: La textura afecta la rapidez con la que el agua se infiltra, la sencillez con la que se trabaja o cultiva el suelo y su capacidad de drenaje, entre otros aspectos.

2.2.8. ESTRUCTURA

Es cómo se conectan las partículas del suelo. Este atributo establece las relaciones de “aire”, “infiltración”, “contenido de agua” y “temperatura en el suelo” (Roberto M. C., 1997).

Tabla 3

Rangos de interpretación de la estabilidad estructural con respecto al diámetro ponderado medio· DPM (IGAG)

DPM (mm)	Interpretación
< 0.5	Inestable
0.5 – 1.5	Lic. Estable
3.0 – 5.0	Estable
>5.0	Muy estable

Nota: Se define por la estabilidad estructural, esto es, la capacidad del suelo para resistir la descomposición.

2.2.9. COLOR

Es una propiedad que tiene una conexión claramente relativa con la temperatura, el comportamiento de los elementos y el desplazamiento del agua en el suelo, así como con el contenido en materia orgánica presente, la cifra de especies y como han evolucionado los suelos.

2.2.10. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

Entre los diversos procedimientos que se producen en el suelo, el intercambio iónico es uno de los más cruciales, siendo igualmente importante que la fotosíntesis en el desarrollo de las plantas. La materia

orgánica y el contenido de arcilla del suelo son las principales causas de este intercambio iónico. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se conoce como la cantidad de cargas negativas existentes en el suelo y se cuantifica en miliequivalentes por cada 100 gramos de terreno.

Al aumentar el pH del suelo aumentan las cargas negativas, ya que precipita el aluminio y disminuye la concentración de iones hidrógeno, lo que provoca el aumento de la CIC. Cuando la CIC tiene valores altos, existe una mayor presencia de distintos elementos en el terreno. Se consideran bajos los valores menores a 10 mq/100g de suelo, medios si están entre 10 y 20 mq/100g, altos de 20 a 30 mq/100g, y muy altos cuando superan los 30 mq/100g. En el Orinoco, la mayoría de los suelos tienen un CEC inferior a 10 mq/100g, lo que indica un bajo contenido de cargas negativas, atribuible a la poca materia orgánica y a la disponibilidad de arcillas 1:1, como la caolinita (Ramírez, 1997).

PH: El pH es una de las cualidades fisicoquímicas más representativa del suelo, puesto que determina si los nutrientes están disponibles en las plantas. Esto influye en su solubilidad y en la actividad de los microbios encargados de mineralizar la materia orgánica. Asimismo, el pH juega un papel esencial al definir la CIC y otras características relevantes que, al final del día, influyen en la fertilidad del terreno. La influencia del pH se extiende a la disponibilidad de diversos componentes de la tierra y a otras características importantes: (Roberto M. C., 1997)

- **Nitrógeno:** La accesibilidad de este componente está condicionada por su mineralización por microorganismos. Tal mineralización ocurre principalmente en condiciones cercanas a un pH de 7, que es el rango en el que las bacterias responsables de la nitrificación y la fijación de nitrógeno alcanzan su mayor crecimiento y actividad. (Roberto M. C., 1997)
- **Fósforo:** Cuando el pH es ácido, la solubilidad del aluminio y el hierro aumenta, y estos elementos pueden formar precipitados con el

fósforo, resultando en compuestos insolubles. Por otro lado, en un pH alcalino por encima de 7.5, la solubilidad del calcio se incrementa y este puede reaccionar con los fosfatos, precipitándolos y formando compuestos insolubles como la apatita, de manera que la mayor disposición de fósforo se da en un rango de pH entre 6.5 y 7.5, donde también ocurre la máxima mineralización de compuestos de fósforo, tanto orgánicos como minerales. (Roberto M. C., 1997)

- Calcio, magnesio y potasio: La solubilidad de estos elementos se incrementa en un rango de pH de 7 a 8.5. En suelos ácidos, la CIC se reduce, ya que incrementa su probabilidad de los elementos mencionados sean arrastrados y eliminados del perfil del suelo. (Roberto M. C., 1997)
- Azufre: Está accesible para las plantas como S_04 . En condiciones de pH ácido, este elemento reacciona y es capturado por el hierro y el aluminio, volviéndose inaccesible para las plantas. Cuando el pH se eleva acercándose a la neutralidad, la accesibilidad del azufre se optimiza debido al impulso de las reacciones biológicas y a la solubilidad de las sustancias inorgánicas ricas en azufre. El intervalo de pH ideal es de 6 a 8 (Roberto M. C., 1997)
- Hierro y manganeso: Estos elementos son accesibles en condiciones de pH ácido, dado que en un pH elevado forman precipitados en compuestos insolubles como hidróxidos y óxidos. El rango de pH ideal en la disponibilidad del manganeso se sitúa entre 5 y 6.5, mientras que el hierro oscila entre 3.5 y 6.5. (Roberto M. C., 1997)
- Cobre y zinc: La disponibilidad de estos elementos, al parejo que otros mencionados, disminuye en pH altos, y su capacidad para adherirse a compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos, aumenta. Así, su máxima solubilidad se da en condiciones de pH que van desde ácido a neutro, específicamente entre 5 y 7. (Roberto M. C., 1997)
- Boro: A medida que el pH aumenta, la solubilidad del boro disminuye. Por consiguiente, este elemento es más soluble en un intervalo de pH

de 5 a 7, ya que con valores superiores tiende a reaccionar con compuestos orgánicos. (Roberto M. C., 1997)

- Molibdeno: Este micronutriente es el único cuya disponibilidad se incrementa con el aumento del pH. Esto se debe a que normalmente son retenidos por óxidos hidratados de hierro y aluminio. Cuando el pH se eleva, el hierro y el aluminio precipitan, liberando así este elemento y haciéndolo accesible. (Roberto M. C., 1997)
- Porcentaje de saturación de bases: El aumento del pH hacia valores cercanos a 7 resulta en una mayor solubilidad de diversos elementos, lo cual conduce a un incremento la proporción de saturación de bases en el proceso. (Roberto M. C., 1997).
- Capacidad de intercambio catiónico: El aumento del pH genera cargas negativas disponibles, que actúan como sitios de intercambio para los cationes del suelo. (Roberto M. C., 1997)
- Concentración de iones tóxicos: Bajo condiciones de pH ácido, tanto el aluminio como el manganeso incrementan su solubilidad, alcanzando niveles que pueden ser perjudiciales para las plantas. Se ha observado que un componente de aluminio superior a 1 mg/100g de suelo comienza a impactar significativamente el crecimiento de los cultivos. De manera similar, el manganeso empieza a mostrar efectos peligrosos en el suelo a partir de concentraciones de 100 partes por millón. (Roberto M. C., 1997)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1. METAL PESADO

Desempeñan roles cruciales en roles bioquímicas y fisiológicas de estos organismos. Aunque muchos son esenciales para mantener los procesos bioquímicos en los seres vivos, también pueden ser tóxicos, en función a su forma y vía de contacto, afectando tanto a humanos como a ecosistemas. Principalmente, estos metales se originan en la corteza

terrestre. Su capacidad de acumulación y persistencia hace que no solo estén presentes en distintos entornos naturales (como el aire, agua y suelos), y también se hallen en el cuerpo humano. (Toledo, 2014)

2.3.2. RELAVE

Los relaves son residuos generados durante el proceso de minerales en la industria mineral y poseen características físicas y químicas que no son propicias en el crecimiento de las plantas y microorganismos. Esto se debe a la granulometría fina, la ausencia de materia orgánica, la falta de macronutrientes y la presencia de altas concentraciones de metales y metaloides (Rodríguez, 2014).

2.3.3. SUELO

El suelo se define como cuerpo natural que combina elementos minerales y orgánicos, distinguiéndose del material de base subyacente debido a sus particulares propiedades físicas, químicas y biológicas. Es proyectado como un sistema trifásico: fases sólida, líquida y gaseosa.

Esta capa terrestre es un recurso vital que ofrece soporte estructural y nutrientes esenciales en plantas y microorganismos. Los principales componentes que componen la estructura del suelo incluyen minerales, aire, agua, compuestos orgánicos y seres vivos. Los componentes minerales son los constituyentes estructurales predominantes en el suelo, ocupando más de la mitad de su volumen total. La composición del suelo varía, pero idealmente mantiene una proporción volumétrica donde la fase sólida representa el 50%, y la fase no sólida también el 50% (dividida en fase líquida y fase gaseosa, cada una con un 25%). Dentro de la fase sólida, el material orgánico abarca aproximadamente un 12% del volumen. Este incluye tanto materia orgánica viva (como los organismos del suelo y las raíces de las plantas) como materia orgánica muerta (residuos y humus). Por otro lado, el material inorgánico ocupa alrededor del 38% del volumen. Se compone de partículas de diversos tamaños, cada una con características físicas y fisicoquímicas distintas (T. Volke Sepúlveda, 2002).

2.3.4. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

La composición del suelo muestra variabilidad, aunque idealmente se mantiene en una proporción equilibrada donde la mitad corresponde a la fase sólida y la otra mitad a la fase no sólida, distribuida igualmente entre las fases líquida y gaseosa (25% cada una). Dentro de la fase sólida, encontramos materiales orgánicos e inorgánicos. En promedio, los materiales orgánicos constituyen un 12% del volumen, incluyendo tanto la materia orgánica viva (como organismos del suelo y raíces de plantas) como la muerta (residuos y humus). Por otro lado, los materiales inorgánicos ocupan aproximadamente un 38% del volumen del suelo, conformados por partículas de diferentes dimensiones, cada una con sus propias características físicas y fisicoquímicas. Dada la diversidad de elementos químicos que puede albergar el suelo, resulta complejo determinar en qué punto un elemento propio pasa de ser benigno o neutral y convertirse en contaminante. (Martínez Sánchez et al., 2005).

2.3.5. LIXIVIACIÓN

El fenómeno por el cual sustancias solubles o que pueden dispersarse, por ejemplo, arcilla, sales, hierro y humus, se mueven a causa del flujo de agua en el suelo, es característico de zonas con clima húmedo. Este proceso puede llevar a que ciertas capas del suelo pierdan elementos nutritivos, se acidifiquen y, en ocasiones, se tornen tóxicas. Una consecuencia de la lixiviación es la pérdida significativa de fertilizantes, ya que estos se trasladan a niveles más profundos del suelo donde las raíces de los cultivos no pueden alcanzarlos. En regiones extremadamente húmedas, la vegetación nativa, especialmente los bosques, actúa como una barrera contra este fenómeno. Sin embargo, cuando estas áreas verdes son eliminadas por la acción humana, la lixiviación se intensifica y la absorción de nutrientes en la zona de las raíces se ve afectada. La utilización de fertilizantes muy ácidos, el riego en exceso y ciertos cultivos que absorben gran cantidad de nutrientes del suelo también pueden potenciar la lixiviación. (Informaciones agronomas, s.f.)

Cuando la cantidad de lluvia supera la suma de la evaporación directa del suelo y el agua que una planta libera a través de sus estomas, se da un fenómeno llamado lixiviación. Este proceso elimina progresivamente del suelo los minerales que se disuelven fácilmente, así como cationes no ácidos, incluyendo el calcio, magnesio, potasio y sodio. Esta acción lleva a que la capa superior del suelo se torne ligeramente o medianamente ácida, mientras que las capas más profundas pueden mantenerse neutras o tornarse alcalinas. A medida que la descomposición de los minerales avanza, los componentes ácidos del suelo también pueden ser removidos. Si esto ocurre, el pH de la superficie del suelo, y con el tiempo de todo el suelo, tiende a neutralizarse. Finalmente, solo quedan en el suelo componentes provenientes de la roca original, como los óxidos de hierro y aluminio u otros óxidos metálicos, que son muy resistentes a la descomposición. (Pérez, 2014).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: La Vetiveria (*Chrysopogon zizanioides*), es eficaz en la recuperación de suelos contaminado por plomo en condiciones de vivero en la recuperación del suelo contaminado por plomo-Huánuco

Ho: La Vetiveria (*Chrysopogon zizanioides*), no es eficaz en la recuperación de suelos contaminado por plomo en condiciones de vivero en la recuperación del suelo contaminado por plomo-Huánuco.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Suelo contaminado.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Vetiveria (*Chrysopogon zizanioides*)

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TITULO: “Eficacia Del Uso De Vetiveria (Chrysopogon Zizanioides) Bajo Condiciones De Vivero En La Recuperación De Suelo Contaminado Por Plomo-Huánuco”

Tabla 4
Operacionalización De Variable

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	TECNICAS	INSTRUMENTOS	RECURSOS
Independiente Vetiveria (chrysopogon zizanioides)	Densidad de siembra	Número de plantas/macetas T1= 1 plantas T2= 3 plantas T3= 5 plantas	Unidad de plantas	Observación	Maceteros, wincha, pico, pala, lentes de seguridad, bolsas herméticas, listones, guardapolvo, malla rashell, tablas.	Acondicionamiento de vivero
Dependiente Suelos contaminados	Concentración de plomo Propiedades físicas del suelo Características químicas del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de extracción de plomo • Densidad aparente. • Densidad real. • Textura. • Estructura. • Color. • Ph. • Nitrógeno • Fosforo. • Potasio 	<ul style="list-style-type: none"> • Ppm de plomo en el suelo. • % • Ar • Lo • Clase textural • Adimensional. • Ppm de fosforo y potasio 	Observación	Análisis del suelo	Guía de análisis de suelo. Ficha de muestreo de suelo

Nota Presenta la operacionalización de las variables.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación es de tipo longitudinal ya que se hizo la recolección de datos para estudiar los cambios y evoluciones de la vetiveria bajo condiciones de vivero en la recuperación del suelo contaminado por plomo – Huánuco 2022.

3.1.1. ENFOQUE

Dicho estudio adopta un enfoque cuantitativo, partiendo del concepto específico. Tras definirlo, se formulan objetivos y cuestionamientos de investigación, seguidos de una revisión bibliográfica para desarrollar un marco teórico, con estos cuestionamientos, se generan hipótesis y se identifican variables. Estableciendo un diseño para validar estas hipótesis, las variables se evalúan en un ámbito particular, ya que luego se procesan los resultados con técnicas estadísticas, culminando en una serie de conclusiones. (Hernández, 2014)

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El estudio es de naturaleza experimental debido a que “se examinaron las interacciones entre una o varias variables independientes con una o más variables dependientes, evaluando el impacto causal de las primeras sobre las últimas”. Hernández, (2014).

3.1.3. DISEÑO

El estudio investigativo es explicativo, dado que se intervino la variable independiente Vetiveria (*Chrysopogon zizanioides*), así como la Población y la Muestra.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población está atribuida mediante un área de terreno por 45m² de suelo plomizo contaminado ubicado la Provincia de Huánuco, Distrito de Pillco Marca, centro poblado de Andabamba, el cual se encuentra representado en coordenadas del UTM, Datum WGS 84 - zona 18s.

3.2.2. MUESTRA

En las muestras probabilísticas, cada integrante de la población posee una idéntica probabilidad de ser designado para conformar la muestra. Estas se determinan identificando las propiedades poblacionales y definiendo la magnitud de la muestra, utilizando un método para elegir aleatoriamente o sistemáticamente las unidades de muestreo o de análisis (Sampieri, 2014, p. 175).

En esta investigación, se seleccionaron al azar seis maceteros con tierra contaminada por metales pesados y se introdujeron en el laboratorio para ser analizados.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Inicialmente, los datos se evaluaron bajo la premisa de normalidad y homogeneidad de varianzas. Seguidamente, se realizó la Prueba t de Student con la varianza del 95 y el 99% respectivamente de confianza, con el objetivo de determinar si existían disparidades notables en las medias de los distintos tratamientos.

Después de analizar la varianza, cuando se identificaron importantes diferencias entre tratamientos, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con una probabilidad de error del 0.05, con el propósito de determinar entre qué tratamientos se encontraron dichas diferencias. Para procesar y analizar la información, se usó el SPSS V24.0.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 5

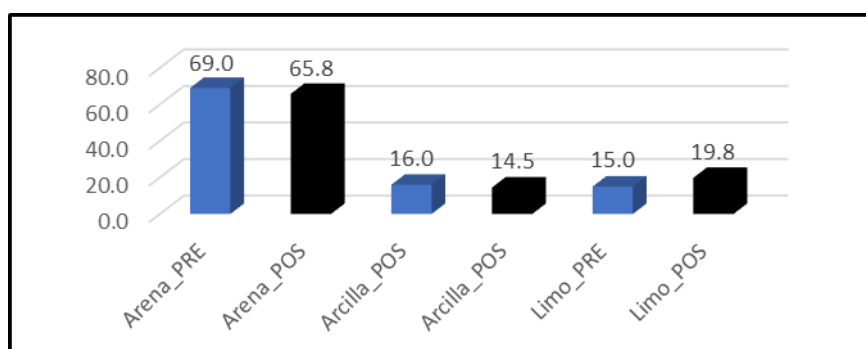
Resultado del estudio mecánico del suelo contaminado por plomo tras el tratamiento con la Vetiveria

Indicador	Estadístico	Error estándar	Límite Inferior	Límite Superior
Arena_PRE	69.0	0.0	69.0	69.0
Arena_POS	65.8	2.2	58.7	72.8
Arena_DIF	-3.3	2.2	-10.3	3.8
Arcilla_PRE	16.0	0.0	16.0	16.0
Arcilla_POS	14.5	2.1	7.9	21.1
Arcilla_DIF	-1.5	2.1	-8.1	5.1
Limo_PRE	15.0	0.0	15.0	15.0
Limo_POS	19.8	0.5	18.2	21.3
Limo_DIF	4.8	0.5	3.2	6.3

Nota: Los hallazgos del análisis mecánico de suelos plomizados tras aplicar Vetiveria, como se muestra en la tabla 9 del presente proyecto, la arena, arcilla y limo no muestra variaciones considerables.

Figura 1

Resultado del estudio mecánico del suelo contaminado por plomo tras la intervención con la vetiveria



Nota: Desde una perspectiva descriptiva, se observa que los niveles de arena, arcilla y limo en el suelo afectado plomizado no han experimentado cambios notables tras la intervención con vetiveria.

Tabla 6

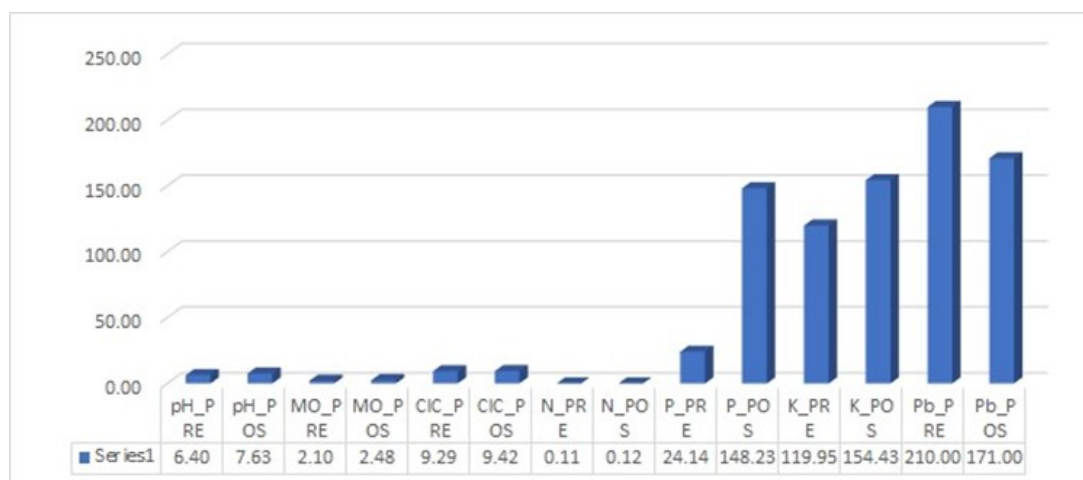
Resultado de los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado por plomo antes y luego de la aplicación de Vetiveria

Indicador	Estadístico	Error estándar	Límite Inferior	Límite Superior
Ph_PRE	6.40	0.00	6.40	6.40
pH_POS	7.63	0.13	7.21	8.04
pH_DIF	1.23	0.13	0.81	1.64
MO_PRE	2.10	0.00	2.10	2.10
MO_POS	2.48	0.13	2.07	2.89
MO_DIF	0.38	0.13	-0.03	0.79
CIC_PRE	9.29	0.00	9.29	9.29
CIC_POS	9.42	0.03	9.31	9.53
CIC_DIF	0.13	0.03	0.03	0.24
N_PRE	0.11	0.00	0.11	0.11
N_POS	0.12	0.01	0.10	0.14
N_DIF	0.02	0.01	0.00	0.03
P_PRE	24.14	0.00	24.14	24.14
P_POS	148.23	31.03	49.49	246.98
P_DIF	124.10	31.03	25.35	222.84
K_PRE	119.95	0.00	119.95	119.95
K_POS	154.43	1.13	150.82	158.04
K_DIF	34.49	1.13	30.88	38.09
Pb_PRE	210.00	0.00	210.00	210.00
Pb_POS	171.00	13.77	157.27	184.77
Pb_DIF	-39.00	13.75	-25.25	-52.75

Nota: De acuerdo a los hallazgos en los parámetros fisicoquímicos del suelo plomizo, previo y posterior a la intervención de Vetiveria, en la tabla 10 se aprecia que, antes de intervenir la Vetiveria los parámetros fisicoquímicos son menores y estos aumentan con la intervención de Vetiveria, aportando más nutrientes a la tierra.

Figura 2

Resultado de los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado por plomo antes y luego de la aplicación de vetiveria



Nota: Se aprecia que en todos los indicadores de los parámetros fisicoquímicos se ha dado un incremento en sus valores, en especial en el fósforo, pasando de 24.14 a 148.23 ppm y el potasio, pasando de 119.95 a 154.43 pp

Tabla 7

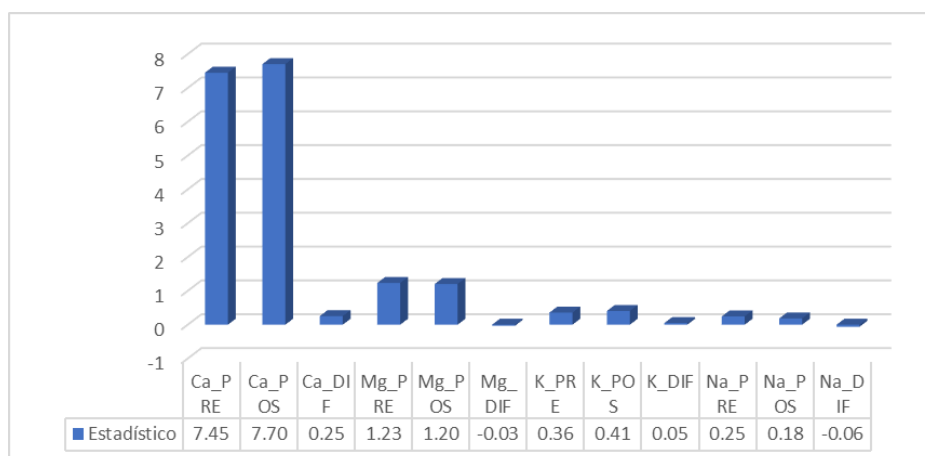
Resultados de los parámetros químicos variables del suelo contaminado por plomo antes y luego de la aplicación de Vetiveria

Indicador	Estadístico	Error estándar	Límite Inferior	Límite Superior
Ca_PRE	7.45	0.00	7.45	7.45
Ca_POS	7.70	0.04	7.59	7.82
Ca_DIF	0.25	0.04	0.14	0.37
Mg_PRE	1.23	0.00	1.23	1.23
Mg_POS	1.20	0.04	1.08	1.32
Mg_DIF	-0.03	0.04	-0.15	0.09
K_PRE	0.36	0.00	0.36	0.36
K_POS	0.41	0.09	0.13	0.69
K_DIF	0.05	0.09	-0.23	0.33
Na_PRE	0.25	0.00	0.25	0.25
Na_POS	0.18	0.04	0.07	0.30
Na_DIF	-0.06	0.04	-0.18	0.06

Nota: se muestra los resultados de los indicadores químicos junto la media, error estándar, límites inferiores y superiores con un 95% de probabilidad.

Figura 3

Resultados de los parámetros químicos cambiables del suelo contaminado por plomo antes y luego de la intervención con la vetiveria, Huánuco, 2022



Nota: Desde un enfoque descriptivo, se ha observado que los valores de los componentes químicos cambiables del suelo afectado por plomo han permanecido estables tras el tratamiento con Vetiveria.

Tabla 8

Prueba de normalidad de los datos

	Estadístico	Gl	Sig.
Arena_DIF	0,878	4	0,332
Arcilla_DIF	0,827	4	0,161
Limo_DIF	0,863	4	0,272
pH_DIF	0,811	4	0,123
MO_DIF	0,783	4	0,075
N_DIF	0,729	4	0,054
P_DIF	0,792	4	0,089
K_DIF	0,941	4	0,658
CIC_DIF	0,887	4	0,368
Ca_DIF	0,968	4	0,830
Mg_DIF	0,849	4	0,224
KK_DIF	0,746	4	0,056
Na_DIF	0,841	4	0,199
Pb_DIF	0.266	4	0.197

Nota: La prueba de normalidad muestra un valor de significancia bilateral (valor p) mayor al umbral convencional de significancia del 5%, los cifras se alinean con una distribución normal. Ello se aprecia en todos los indicadores, lo cual sugiere que el análisis estadístico más adecuado en esta situación sería la prueba t de Student para muestras relacionadas.

4.2. CONTRASTACION Y PRUEBA DE HIPOTESIS

El estudio contempla el desarrollo de la siguiente hipótesis:

H1: La Vetiveria (*Chrysopogon zizanioides*) es eficaz en la recuperación de suelos contaminado por plomo condiciones de vivero.

La Hipotesis Nula es su Opuesto:

Ho: La Vetiveria (*Chrysopogon zizanioides*) no es eficaz en la recuperación de suelos contaminado por plomo condiciones de vivero.

La influencia de la participación de la variable independiente se determinará una vez que el análisis de los datos haya establecido en primer lugar si existen variaciones en los resultados entre los grupos.

Nivel de significancia: 5%

Se trata de una cifra estándar que es sinónimo del nivel más alto de tolerancia al error que se utilizará para comparar el valor p del estudio. El valor p debe ser inferior al umbral de significación para que se acepte la hipótesis alternativa.

Procedimiento estadístico: Prueba t de Student para ejemplos comparables.

A continuación, se presenta los resultados de la prueba de hipótesis

Tabla 9
Prueba de hipótesis con la t de Student para muestras relacionadas

	T	gl	Sig. (bilateral)
Arena_POS - Arena_PRE	-1.469	3	0.238
Arcilla_POS - Arcilla_PRE	-0.728	3	0.519
Limo_POS - Limo_PRE	9.922	3	0.002
pH_POS - pH_PRE	9.316	3	0.003

MO_POS - MO_PRE	2.978	3	0.059
N_POS - N_PRE	2.598	3	0.081
P_POS - P_PRE	4.000	3	0.028
K_POS - K_PRE	30.407	3	0.000
CIC_POS - CIC_PRE	3.970	3	0.029
Ca_POS - Ca_PRE	6.975	3	0.006
Mg_POS - Mg_PRE	-0.813	3	0.476
K_POS - K_PRE	0.544	3	0.625
Na_POS - Na_PRE	-1.660	3	0.195
Pb POS – Pb PRE	-2.833	3	0.066

Nota: Estos resultados indican que se tiene diferencias en los indicadores siguientes: Limo, pH, P, K, CIC y Ca. Esto se determina de esa manera debido a que se ha obtenido un p-valor inferior a 0.05 (5%). En los demás casos no se ha encontrado que existan diferencias luego de la aplicación de Vetiveria en suelos plomizos.

CAPÍTULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

En cuanto al Objetivo General

La calidad del medio ambiente, particularmente en lo que respecta al empleo de agroquímicos y la polución de terrenos agrícolas con metales pesados, constituye un riesgo para el entorno y el bienestar humano. Esta problemática me motivó a desarrollar esta tesis. Como mencioné anteriormente, las plantas que sembré en mi jardín, utilizando tablatierras de cultivo, no crecieron adecuadamente debido a la contaminación por plomo. Según el análisis de laboratorio, se determinó que la Vetiveria es efectiva para restaurar suelos afectados por este metal en un entorno de vivero.

Al contrastar con la tesis Santana y Santos (2016), quienes investigaron “la capacidad del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en la eliminación ex-situ de contaminantes orgánicos en las aguas del río Muerto en el cantón Manta”, concluyeron que los niveles de DBO, DQO, Fosfatos y Oxígeno superan los estándares aceptables de calidad.

Al analizar la tesis de C. Vargas, J. Pérez-Esteban, A. Masaguer y A. Moliner (2013), cuyo propósito principal fue examinar el desempeño y la habilidad de extracción de metales pesados del Vetiver en suelos polucionados, se concluye que el Vetiver elimina los metales pesados de la tierra.

Al contrastar el trabajo investigativo de Cori (2016), cuyo propósito principal fue evaluar la habilidad del Vetiver en la fitorremediación de plomo en suelos afectados por residuos mineros, se dedujo que el Vetiver puede acumular, procesar y volatilizar contaminantes encontrados en el terreno.

En cuanto a los Objetivos Específicos

- **Objetivo Específico 1**

Al analizar los cambios mecánicos del suelo contaminado por plomo, los resultados del laboratorio con respecto del tratamiento con Vetiveria

(Chrysopogon. Zizanioidese). Se observa en la tabla 9, que en los estratos del suelo – arena, arcilla y limo – no hay variaciones significativas en sus valores.

- **Objetivo Específico 2**

Tras observar los cambios en las características fisicoquímicas del suelo contaminado con plomo que se produjeron después del tratamiento con Vetiver, se concluye que la aplicación de Vetiver (Chrysopogon zizanioides) mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo al enriquecerlo con más nutrientes, por lo que resulta beneficioso para el cultivo.

- **Objetivo Específico 3**

Examinando los cambios en los parámetros químicos intercambiables del suelo contaminado con plomo tras el tratamiento con Vetiveria (Chrysopogon zizanioides), se demuestra que los niveles de estos parámetros químicos se mantienen en sus valores de referencia.

CONCLUSIONES

A partir del análisis de la investigación y la comparación con las fuentes bibliográficas, se presentan lo siguiente:

En cuanto al objetivo general, se concluye que existe la eficacia de la Vetiveria (*chrysopogon zizanioides*) bajo condiciones de vivero en la recuperación de suelos contaminados por plomo –Huánuco – 2022, En los resultados del análisis mecánico del suelo, se observa que componentes como la arena, arcilla y limo en el suelo afectado por el plomo experimentaron cambios, aunque no muy significativos. En cuanto a las características fisicoquímicas, hubo un aumento en sus valores, destacando el incremento en fósforo y potasio. Los valores químicos variables del suelo contaminado con plomo se conservaron tras la aplicación de Vetiveria. Además, según los resultados mostrados en la tabla, antes de la intervención con Vetiveria, los indicadores fisicoquímicos eran más bajos. Sin embargo, estos se incrementaron después de su aplicación, enriqueciendo el suelo con más nutrientes.

En cuanto al Objetivo Específico 1: Concluye que la introducción de Vetiveria en el suelo conlleva a un notable aumento de nutrientes en la estructura mecánica del suelo, enriqueciéndolo significativamente:

El nitrógeno es el elemento clave que estimula el crecimiento vegetal.

El fósforo es el segundo nutriente más importante y es insustituible. Aunque no se desplaza en el suelo tan fácilmente como el nitrógeno, desempeña un rol esencial en la fotosíntesis, enriquece la calidad de la Vetiveria, fortalece las plantas ante condiciones adversas, optimiza el uso del agua y eleva la solidez de los cultivos frente a ciertas plagas.

El potasio representa el tercer elemento nutritivo fundamental para el desarrollo de la vetivería. Su presencia permite un uso más eficaz del agua y se absorbe en forma iónica (K⁺). Este elemento está estrechamente relacionado con el metabolismo de la planta, contribuyendo a la formación del fruto, activación de enzimas y mejorando la calidad del cultivo. Además,

refuerza la solidez de la planta frente a las fitopatologías y aumenta su capacidad para tolerar heladas.

En cuanto al Objetivo Específico 2. Se deduce que el vetiver contribuye a la remoción del metal pesado, el plomo y, además, potencia el enriquecimiento de los nutrientes del suelo. Debido a su excepcional habilidad para proteger los suelos de la polución por metales pesados, particularmente el plomo, como muestra la tabla N° 11, la Vetiveria se distingue por la robustez de sus raíces y la espesura de sus hojas. La raíz de vetiver se desarrolla específicamente en dirección vertical, llegando a penetrar y consolidar el sustrato, pudiendo alcanzar entre 1 y 1,5m en profundidad en el transcurso de 1 año, según las características del suelo. Estas raíces se entrelazan, proporcionando una consolidación efectiva del terreno. Tiene capacidades de fitorremediación, lo que lo hace apto para purificar suelos y aguas contaminadas, ya que los efectos obtenidos son positivos.

RECOMENDACIONES

- Actualmente, debido al impulso en la producción agrícola, se emplea una gran cantidad de pesticidas, plaguicidas y fertilizantes que modifican las propiedades fisicoquímicas del suelo y calidad de los nutrientes resultando dañinos al medio ambiente y la salud. Motivo por el cual, se insta a las autoridades locales, organizaciones y al MINAGRI a proporcionar asesoramiento técnico para crear compost a partir de los residuos orgánicos que generan, promoviendo así cultivos más saludables y sin el uso excesivo de agroquímicos.
- Se sugiere a los agricultores producir compost a partir de los desechos de animales domésticos como gallinas, ovinos y bovinos, proporcionando así un fertilizante natural para sus cultivos.
- Se sugiere el uso de Vetiveria en suelos afectados por contaminación de plomo, pues según los hallazgos de esta investigación, esta planta contribuye significativamente a reducir los contaminantes en las capas del terreno.
- Se aconseja a los universitarios de Ingeniería Ambiental continuar con esta línea de investigación, dado que beneficia a los agricultores mejorando las cosechas y protegiendo su salud y de la población. Es fundamental reconocer que los agricultores abastecen de alimentos a la población de Huánuco.
- Es importante que la Universidad de Huánuco amplíe la investigación para que otros interesados puedan desarrollar nuevas tesis sobre la contaminación del suelo y temas ambientales relacionados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agropecuaria, S. (trujillo de 2020). *Scielo*. Obtenido de Scielo:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000100049#B13
- Agropecuaria, S. (Marzo de 2020). *Scielo Peru*. Obtenido de Scielo Peru:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000100049#B11
- Anna, K. C., & Alberto, B. G. (setiembre de 2002). Obtenido de https://aida-americas.org/sites/default/files/La_Oroya_Cannot_Wait_1_0.pdf
- Becerril. (OCTUBRE de 2014). *REVISTA PERUANA DE BILOGIA*. Obtenido de REVISTA PERUANA DE BIOLOGIA:
<https://www.redalyc.org/pdf/1950/195032229004.pdf>
- Cala, V., & Kunimine, Y. (2003). *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*. Obtenido de Revista Internacional de Contaminacion Ambiental: <https://www.redalyc.org/pdf/370/37019301.pdf>
- Carbajal, R. M. (setiembre de 1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. Obtenido de Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo: <https://alasparguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>
- Carmen Vargas Victoriano, J. P. (2014). *DIALNET*. Obtenido de DIALNET:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7483259>
- Emilio, G. H., & Baena., A. R. (2008). Obtenido de https://www.semineral.es/websem/PdfServlet?mod=archivos&subMod=publicaciones&archivo=Macla10_48.pdf
- Fernandez, M. M. (FEBRERO de 2018).
<https://eprints.ucm.es/id/eprint/62982/1/MARTA%20MORENO%20FERNANDEZ.pdf>. Obtenido de

<https://eprints.ucm.es/id/eprint/62982/1/MARTA%20MORENO%20FERNANDEZ.pdf>:

<https://eprints.ucm.es/id/eprint/62982/1/MARTA%20MORENO%20FERNANDEZ.pdf>

García, G. (5 de diciembre de 2022). *The Foot Tech*. Obtenido de The Foot Tech: <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/el-suelo-la-base-del-sistema-alimentario/#:~:text=Se%20estima%20que%20el%2095%25%20de%20los%20alimentos,productoras%20de%20alimentos%20necesitan%20para%20crecer%20y%20prosperar.>

Gutiérrez. (2004). *LIBRARY*. Obtenido de LIBRARY: <https://1library.co/article/efecto-metales-pesados-salud-revisi%C3%B3n-literatura.zke65g1z>

Informaciones agronomas. (s.f.). Obtenido de Informaciones agronomas: <https://agronoticias2012.blogspot.com/2016/12/lixiviacion-de-nutrientes-del-suelo.html>

KUNIMINE, V. C. (s.f.).

Mays Arratea, N. C. (2017). Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1434>

Mille, C. D. (2016). *UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO*. Obtenido de UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/4629/Cori_DKM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Orellana, J. G. (octubre de 2020). *Seaboard*. Obtenido de Seaboard: <https://studylib.net/doc/26031796/informe-de-establecimiento-de-vetiver>

Orihuela, J. A. (diciembre de 2017). *Organizacion Panamericana de la Salud*. Obtenido de Organizacion Panamericana de la Salud: https://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de
<https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de
<https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de
<https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (Setiembre de 1997). Obtenido de
<https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de
<https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de
<https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de
<https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de
<https://alaspaguayas.edu.py/wp->

content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alasparguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alasparguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alasparguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alasparguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alasparguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alasparguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alasparguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). *<https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>*. Obtenido de <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>: <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). *<https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>*. Obtenido de <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>: <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>. Obtenido de <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>: <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. Obtenido de Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo: <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, M. C. (setiembre de 1997). Obtenido de <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Roberto, R. C. (setiembre de 1997). <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>. Obtenido de <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>: <https://alaspaguayas.edu.py/wp-content/uploads/2021/06/PROPIEDADES-FISICAS-QUIMICAS-y-BIOLOGICAS-DE-LOS-SUELOS.pdf>

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Santa Fe, Colombia: DERECHOS RESERVADOS © 2014, respecto a la sexta edición por.

Sandra, S. A., & Restrepo, f. C. (junio de 2009). *Scielo*. Obtenido de scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-

63462009000100002

Sandra, S. A., & Restrepo, F. C. (julio de 2009). *SCIELO*. Obtenido de SCIELO:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-63462009000100002#:~:text=El%20suelo%20es%20un%20compone nte,un%20recurso%20natural%20no%20renovable.

Toledo. (2014). <https://es.scribd.com/document/396916223/Origen-de-Los-Metales>. Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/396916223/Origen-de-Los-Metales>:

<https://es.scribd.com/document/396916223/Origen-de-Los-Metales>

Vega, N. B. (junio de 2013).

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NOELIA%20BARRIO%20VEGA.pdf>. Obtenido de

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NOELIA%20BARRIO%20VEGA.pdf>:

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NOELIA%20BARRIO%20VEGA.pdf>

Ximena, S. S., & Jessie, S. T. (junio de 2016). *ESPAMMFL*. Obtenido de

ESPAMMFL: <https://docplayer.es/73743769-Carrera-ingenieria-ambiental-tesis-previa-a-la-obtencion-del-titulo-de-ingeniera-en-medio-ambiente-tema-autoras-ximena-valeria-santana-suarez.html>

Ximena, v. s., & Jessie, D. s. (17 de junio de 2016). *ESPAMMFL*. Obtenido de ESPAMMFL:

<https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/281/TMA82.pdf?sequence=1>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Hidalgo Salas, M. (2023). *Eficacia de uso de vetiveria (Chrysopogon zizanioides) bajo condiciones de vivero en la recuperación de suelo contaminado por plomo – Huánuco 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES INDICADORES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es la eficacia del uso de vetiveria (chrysopogon zizanioides) bajo condiciones de vivero en la recuperación de suelo contaminado por plomo - Huánuco?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Evaluar la eficacia de la Vetiveria (chrysopogon zizanioides) bajo condiciones de vivero en la recuperación de suelo contaminado por plomo - Huánuco</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL Hi: La Vetiveria (Chrysopogon zizanioides), es eficaz en la recuperación de suelos contaminado por plomo en condiciones de vivero en la recuperación del suelo contaminado por plomo-Huanuco</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE Suelo contaminado</p>	<p>Número de plantas / maceta Densidad de siembra Porcentaje de extracción de plomo</p>	<p>El trabajo de investigación es de tipo es experimental completamente aleatorizado, porque se manipulará la variable independiente (Vetiveria), midiendo la respuesta en una variable dependiente (recuperación de suelos contaminados por plomo) . El enfoque de la investigación cuantitativo, ya que plantea un problema delimitado y concreto del que se recolectará datos numéricos del fenómeno. El estudio tiene un alcance experimental debido a que se examinaron las interacciones entre una o más variables independientes con</p>
<p>PREBLEMA ESPECIFICO ¿Cuáles son los cambios mecánicos en el suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con Vetiveria (Chrysopogon Zizanioides)?</p>	<p>OBJETIVO ESPECIFICOS Analizar los cambios mecánicos en el suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con Vetiveria (Chrysopogon. zizanioides).</p>	<p>Ho: La Vetiveria (Chrysopogon zizanioides), no es eficaz en la recuperación de suelos contaminado por plomo en condiciones de vivero en la recuperación del suelo contaminado por plomo-Huánuco</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Vetiveria (Chrysopogon zizanioides)</p>	<p>Propiedades físicas y características químicas del suelo Textura, densidad aparente (físicos); pH, color, estructura, densidad aparente, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro</p>	<p>El estudio tiene un alcance experimental debido a que se examinaron las interacciones entre una o más variables independientes con</p>
<p>¿Cuáles son los cambios en las características fisicoquímicas del suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con</p>	<p>Analizar los cambios en las características fisicoquímicas del suelo contaminado por plomo, producidos</p>	<p>en la recuperación del suelo contaminado por plomo-Huánuco</p>			

Vetiveria (Chrysopogon zizanioides)?	después del tratamiento con	una o mas variables dependientes
Cuáles son los cambios en los parámetros químicos cambiables del suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con Vetiveria (Chrysopogon zizanioides)?	Vetiveria (Chrysopogon. zizanioides). Analizar los cambios en los parámetros químicos cambiables del suelo contaminado por plomo, producidos después del tratamiento con Vetiveria (Chrysopogon. zizanioides).	El diseño del trabajo de investigación es explicativo , dado que se intervino la variable independiente vetiveria, asi como la población y muestra.

ANEXO 2 DIAGRAMA DE CAUSAS Y EFECTOS

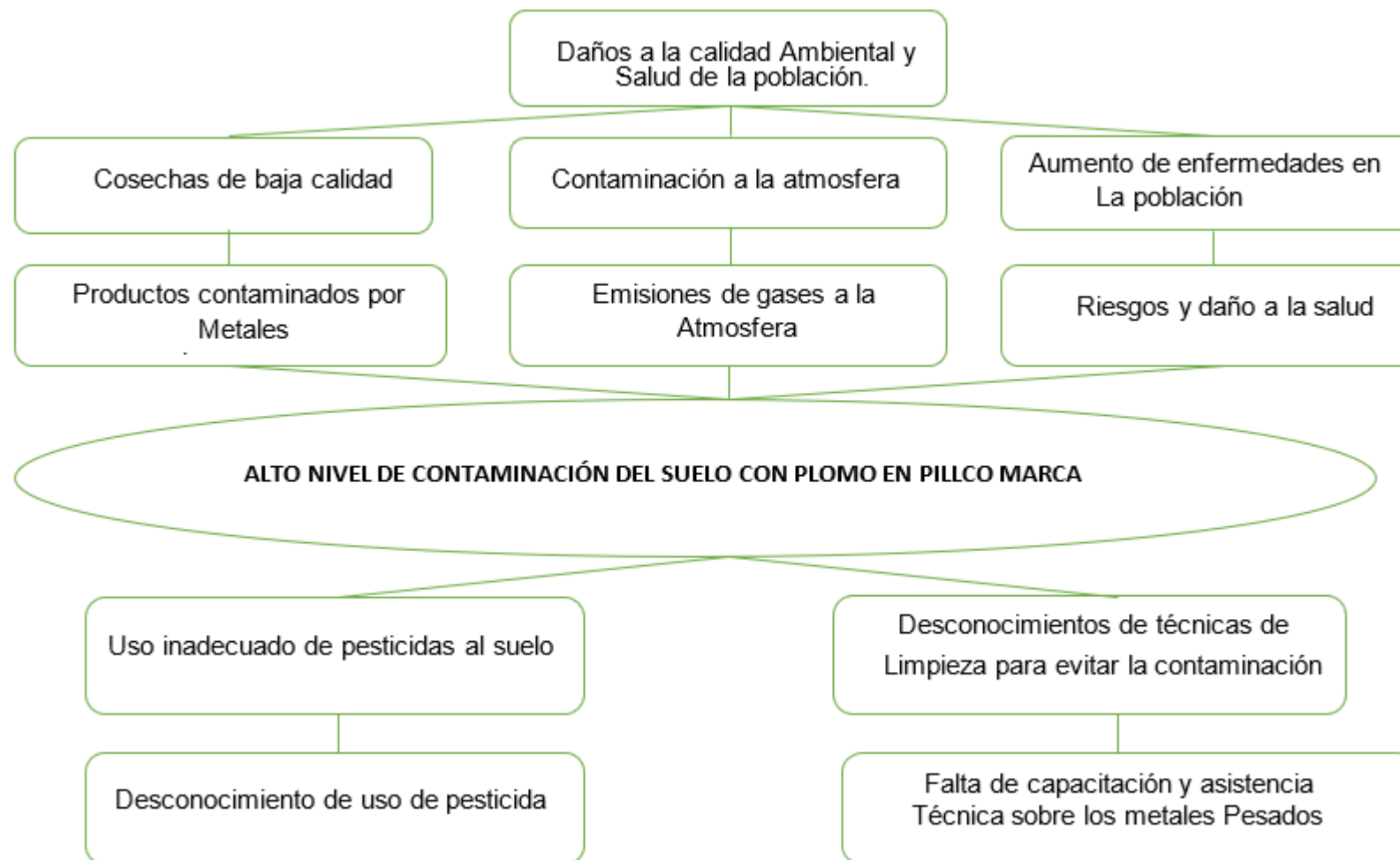
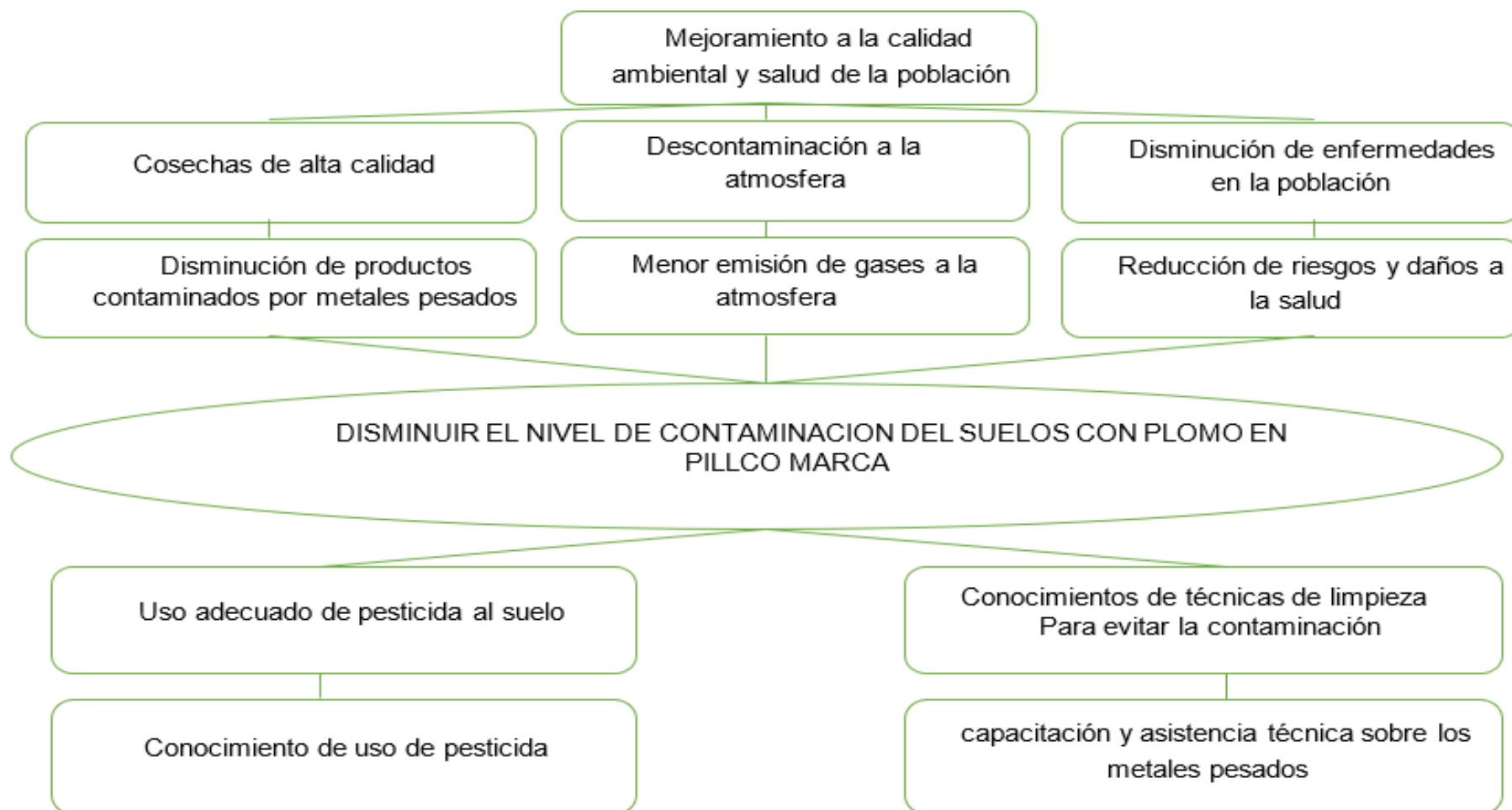


DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 3 MAPA DE UBICACIÓN

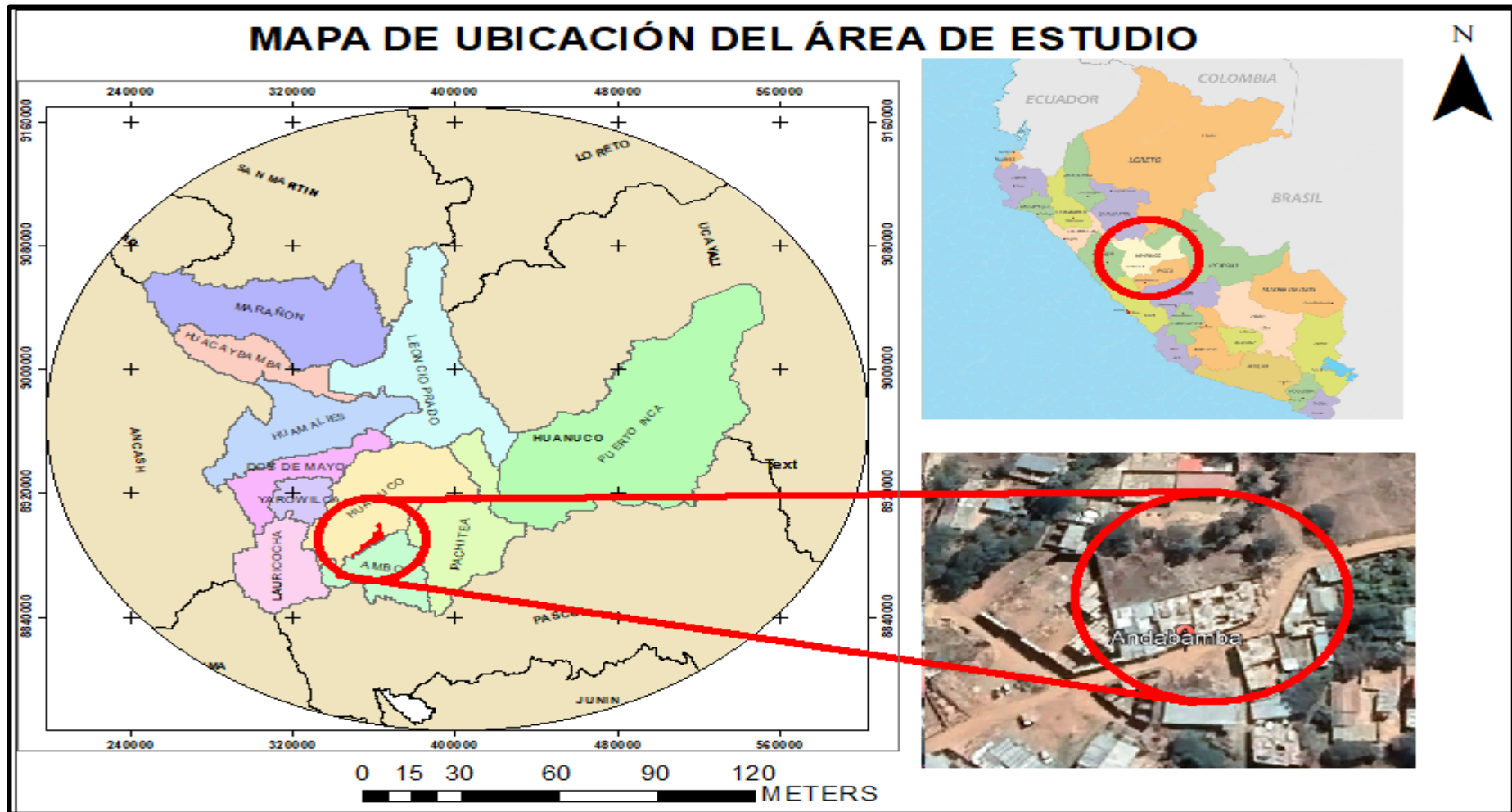


Figura 4
Acondicionamiento de lugar



Figura 5
Cerniendo la tierra para luego plantar la vetiveria



Figura
Las esquejas de la vetiveria

6



Figura 7
Plantación de las esquejas de la vetiveria en las bolsas de palta



Figura 8

Dejando el suelo extraído de la plantación para la muestra y análisis de plomo en la Universidad Agraria de la Selva



Figura 9
Cerniendo la tierra para realizar el análisis de concentración de plomo



Figura 10

Vertiendo en bolsas la tierra para el secado correspondiente



Figura 11

Marcando los vasos para luego hacer su respectivo pesado de la tierra extraído del terreno



Figura 12

Realizando el pesaje de la tierra y determinar el pH, su textura, el zinc, el calcio, el magnesio y el potasio. Etc



Figura 13

Secado del suelo




Figura 14
fotografía panorámica del terreno donde se realizó la Presente Tesis



Figura 15

Resultado del análisis del suelo antes de la intervención de la Vetiveria en el suelo contaminado por plomo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

ANÁLISIS DE SUELOS




SOLICITANTE:		HIDALGO SALAS MELISSA LORENA																			
N°	DATOS CODIGO DEL LAB.	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O. 1:1	N %	P ppm	K ppm	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	Bas. Camb. %	Ac. Camb. %	Sat. Al %
		Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H				
												disponible									
1	S1295	69	16	15	Franco Arenoso	6.40	2.10	0.105	24.137	119.947	9.286	7.450	1.233	0.358	0.245	0.000	0.000	9.286	100.000	0.000	0.000

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

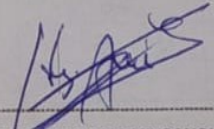
RECIBO No. 001-0656960

TINGO MARIA, 05 DE SETIEMBRE 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María



Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología




Figura 16

Resultado del análisis del suelo después de la intervención de la Vetiveria en el suelo contaminado por plomo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - CELULAR 944407531
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: HIDALGO SALAS MELISSA LORENA													PROCEDENCIA: HUANUCO																							
N°	DATOS			ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CE	M.O.	N	P	K	Pb	CAMBIABLES							CIC	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al											
				Cmol(+)/kg			Ca								Mg	K	Na	Al	H	CiCe																
	CODIGO DEL LAB.	N° DE MUESTRA	%	Arena	Arcilla	Limo		Textura	1:1	dS/m	%	%	ppm	ppm							ppm	disponible	total	Na	Al	H	CiCe									
1	S1768-1	SUELO INICIAL	Mi	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	210	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2	S1768-2	CEBADA	To	70	10	20	Franco Arenoso	7.50	2.490	2.05	0.10	24.11	109.49	205	9.119	7.428	1.11	0.338	0.240	0.00	0.00	9.12	100	0	0											
3	S1768-3	VETIVERIA '50SC+50C	T1 P1	70	10	20	Franco Arenoso	7.90	7.440	2.29	0.11	87.52	154.75	191	9.426	7.669	1.14	0.366	0.257	0.00	0.00	9.43	100	0	0											
4	S1768-4	VETIVERIA '50SC+50C	T1 P2	69	12	19	Franco Arenoso	7.80	7.070	2.23	0.11	101.96	156.94	198	9.478	7.741	1.14	0.358	0.237	0.00	0.00	9.48	100	0	0											
5	S1768-5	VETIVERIA '1/4SC+3/4C	T2 P1	61	18	21	Franco Arenoso	7.40	4.050	2.70	0.13	200.64	151.43	152	9.324	7.621	1.29	0.297	0.114	0.00	0.00	9.32	100	0	0											
6	S1768-6	VETIVERIA '1/4SC+3/4C	T2 P2	63	18	19	Franco Arenoso	7.40	3.910	2.70	0.13	202.81	154.61	143	9.454	7.784	1.24	0.302	0.129	0.00	0.00	9.45	100	0	0											

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
RECIBO 001 N° 0663293
TINGO MARIA, 14 DE NOVIEMBRE 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria



Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

