

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Comparación de la eficacia de la fitorremediación mediante el maíz (*Zea mays* L.) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita del distrito y provincia de Tocache, departamento de San Martín-2024”

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

AUTOR: Cardenas Ramos, Rudy Wilson

ASESOR: Gamez Penadillo, Joel

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: contaminación ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Disciplina: Ingeniería Ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

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

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI):47652841

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 23018222

Grado/Título: Maestro En Ciencias Económicas, Mención: Proyectos De Inversión

Código ORCID: 0000-0003-4228-565X

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Morales Aquino, Milton Edwin	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288
2	Bonifacio Munguia, Jonathan Oscar	Maestro En Medio Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Mención En Gestión Ambiental	46378040	0000-0002-3013-8532
3	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión pública	22511841	0000-0002-5671-1907



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 19 del mes de setiembre del año 2025, 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. Milton Edwin Morales Aquino (Presidente)
- Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Secretario)
- Mg. Raul Cajahuanca Torres (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1841-2025-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE EL MAÍZ (*Zea mays* L.) y el FRIJOL DE PALO (*Cajanus cajan*) PARA LA CALIDAD DEL SUELO PROVENIENTE DEL BOTADERO LA CHARAPITA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN-2024"**, presentado por el (la) Bach. **CARDENAS RAMOS, RUDY WILSON** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

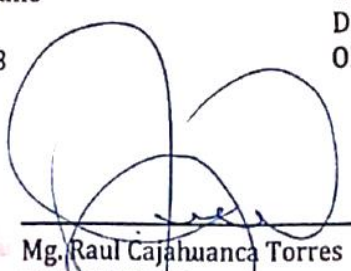
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

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) ~~aprobado~~ **Por Unanimidad** con el calificativo cuantitativo de ~~1.3~~ **Suficiente** y cualitativo de ~~Suficiente~~ (Art. 47)

Siendo las ~~18:30~~ horas del día ~~19~~ del mes de ~~setiembre~~ del año ~~2025~~, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Mg. Milton Edwin Morales Aquino
DNI: 44342697
ORCID: 0000-0002-2250-3288
Presidente


Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia
DNI: 46378040
ORCID: 0000-0002-3013-8532
Secretario


Mg. Raul Cajahuanca Torres
DNI: 22511841
ORCID: 0000-0002-5671-1907
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: RUDY WILSON CARDENAS RAMOS, de la investigación titulada "COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE EL MAÍZ (ZEA MAYS L.) Y EL FRIJOL DE PALO (CAJANUS CAJAN) PARA LA CALIDAD DEL SUELO PROVENIENTE DEL BOTADERO LA CHARAPITA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN - 2024", con asesor(a) JOEL GAMEZ PENADILLO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2126-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software 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, 14 de julio de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

46. CARDENAS RAMOS RUDY WILSON.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

10%

2

[Submitted to Universidad de Huanuco](#)

Trabajo del estudiante

4%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

4

repositorio.unas.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

www.unas.edu.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Primeramente, quisiera comenzar dedicándole a Dios por estar siempre conmigo en todo momento de mi vida guiándome.

Y a igual manera a mi padre el señor: Juan CARDENAS BENDEZU y a mi madre la señora: Donatilda RAMOS YAURI por estar siempre conmigo en el transcurso de toda esta trayectoria de mi vida y la de mi vida profesional

Y a mis hermanos: Jhon Anderson CARDENAS RAMOS, Juan Carlos CARDENAS RAMOS, Jasson CARDENAS RAMOS y Kevin Arnold CARDENAS RAMOS.

Y en especial a mi esposa Rocio Alicia PABLO SARMIENTO y a mi hija Kalesy Alisson CARDENAS PABLO por estar en cada momento del trayecto de mi vida y la de mi vida profesional que estuvieron apoyándome constantemente.

AGRADECIMIENTO

Quisiera comenzar agradeciéndole a Dios por estar siempre conmigo en todo momento de mi vida y por los regalos que me dio en mi vida.

Y de igual manera a familia por su continuo apoyo y dedicación en el transcurso de mi vida y la de mi vida profesional.

Quisiera agradecer a mi esposa por su apoyo incondicional y por ayudarme alcanzar esta meta trazada en mi vida.

Agradecer también a la UNIVERDAD DE HUANUCO donde me impartieron conocimientos profesionales y donde nos inculcaron a ser buenas personas y profesionales.

Agradecer también a mi asesor Joel GAMEZ PENADILLO por su apoyo continuo en la elaboración de este estudio.

Y agradecer también a las personas que de alguna manera u otra estuvieron apoyándome en la trayectoria de mi vida profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.7.1. VIABILIDAD OPERATIVA	19
1.7.2. VIABILIDAD ECONÓMICA	20
1.7.3. VIABILIDAD AMBIENTAL	20
1.7.4. VIABILIDAD SOCIAL	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	IV 21

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	23
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	26
2.2. BASES TEÓRICAS	28
2.2.1. FITORREMEDIACIÓN	28
2.2.2. CALIDAD DE SUELO	36
2.2.3. SUELO	36
2.2.4. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SUELO...	37
2.2.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO	37
2.2.6. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	41
2.2.7. PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO	43
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	44
2.4. HIPÓTESIS	46
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	46
2.4.2. HIPÓTESIS SEGUNDARIOS	46
2.5. VARIABLES	47
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	47
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	47
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	48
CAPÍTULO III.....	49
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.1.1. ENFOQUE	49
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	49
3.1.3. DISEÑO	49
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	50

3.2.1. POBLACIÓN	50
3.2.2. MUESTRA	51
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	56
CAPÍTULO IV	57
RESULTADOS	57
4.1. PROCEDIMIENTOS DE DATOS	57
4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL	62
CAPÍTULO V	63
DISCUSIÓN DE RESULTADO	63
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXO	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mecanismo de fitorremediación	29
Tabla 2 Ventajas y limitaciones de la fitorremediación	32
Tabla 3 Taxonomía del Zea Mays L	33
Tabla 4 Datos climatológicos del maíz	33
Tabla 5 Taxonomía del frejol de palo (Cajanus Cajan).....	35
Tabla 6 Indicadores físicos de la calidad del suelo.....	38
Tabla 7 Relación entre la densidad aparente y la porosidad total	40
Tabla 8 Indicadores químicos de la calidad del suelo	41
Tabla 9 Clasificación de acidez del suelo	42
Tabla 10 Coordenadas de ubicación de población de estudio	51
Tabla 11 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	52
Tabla 12 Comparación de las propiedades químicas del suelo inicial y final de la fitorremediación mediante el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan)	57
Tabla 13 Comparación de las propiedades físicas del suelo inicial y final de la fitorremediación mediante el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan) proveniente del botadero la Charapita	58
Tabla 14 Comparación de los metales pesados (cadmio y plomo) del suelo inicial y final de la fitorremediación mediante el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan) proveniente del botadero la Charapita	59
Tabla 15 Características morfológicas de las dos plantas después de la fitorremediación de los suelos contaminados por (plomo y cadmio)	60
Tabla 16 Comparación de medias de las propiedades químicas del suelo al inicio y final de la fitorremediación mediante el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan) proveniente del botadero la Charapita	62
Tabla 17 Comparación de medias de los metales pesados del suelo al inicio y final de la fitorremediación mediante el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan) proveniente del botadero la Charapita	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Morfología de la planta del maíz.....	35
Figura 2 Triangulo Textural Del Suelo.....	39
Figura 3 Localización de puntos de muestreo en el área de excavación regular: forma de cuadrado.....	53
Figura 4 Técnica de cuarteo para la recolección de muestra.....	53
Figura 5 Diferencia de pH inicial y final con ambos grupos operacionales ..	57
Figura 6 Diferencia de materia orgánica inicial y final con ambos grupos operacionales.....	58
Figura 7 Porcentaje de presencia de metales pesados (cadmio) del suelo inicio y final de la fitorremediación mediante el maíz (<i>Zea mays L.</i>) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>) proveniente del botadero la Charapita.....	59
Figura 8 Porcentaje de presencia de metales pesados (plomo) del suelo inicio y final de la fitorremediación mediante el maíz (<i>Zea mays L.</i>) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>) proveniente del botadero la Charapita.....	60
Figura 9 Características morfológicas de las dos plantas después de la fitorremediación de los suelos contaminados por (plomo y cadmio)	61

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Identificación del sitio y observación del área de intervención del proyecto.	90
Fotografía 2 Recolección de las primeras muestras en el punto 1	90
Fotografía 3 Tamizado de una muestra de tierra, con el objetivo de separar residuos sólidos.	91
Fotografía 4: Observación de germinación de ambas plantas ex situ.	91
Fotografía 5 Recorrido del jurado por el sitio de investigación	92
Fotografía 6 Recorrido del jurado por el sitio de investigación	92
Fotografía 7 Evaluación de las raíces de ambas plantas	93
Fotografía 8 Evaluación de las raíces de ambas plantas	93
Fotografía 9 Rotulación de las últimas muestras	94
Fotografía 10 Traslado de las muestras final al laboratorio	94
Fotografía 11 Determinación de los estudios físicos del suelo - técnica de la probeta.....	95
Fotografía 12 Determinación de las propiedades químicas (potasio, calcio sodio y magnesio).....	95

RESUMEN

El propósito de este estudio de investigación es evaluar la eficacia de la fitorremediación mediante el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita. la metodología es de tipo experimental, prospectivos, longitudinales y analíticos donde se desarrollo con dos grupos operacionales y cuatro repeticiones con un nivel explicativo y un enfoque cuantitativo. La población de estudio correspondió a un área de 1000 m² de suelo contaminado del botadero la charapita donde se obtuvo la muestra según la guía de muestreo de suelo establecido por la minan y para la muestra se utilizó 50 kg repartidos en 8 maceteros 4 de ellos corresponde a la planta del maíz (*Zea mays L.*) y los otros 4 la planta del frijol de palo (*Cajanus cajan*) utilizando como técnica la observación. Obteniendo como resultado que el plomo disminuyo de 0.090 ppm con la planta del maíz (*Zea mays L.*) y de 0.126 ppm con la planta del frijol de palo (*Cajanus cajan*) teniendo como resultado inicial 12.99 ppm. Asimismo, en el cadmio hubo disminución de 3.961 ppm con la planta del maíz (*Zea mays L.*) y de 9.409 ppm con la planta del frijol de palo (*Cajanus cajan*) teniendo como resultado inicial 0.1880. Encontrando más variación con la primera planta. Llegando a la conclusión que las dos plantas fueron efectivos en los cambios de las repeticiones realizadas encontrando cambios significancia en los parámetros físicos y químicos.

Palabras claves: Fitorremediación, mejora, calidad, suelo, metales pesados, *Cajanus cajan*, *Zea mays L.*

ABSTRACT

The purpose of this research study is to evaluate the effectiveness of phytoremediation using corn (*Zea mays* L.) and pole beans (*Cajanus cajan*) for the quality of soil from the La Charapita landfill. The methodology is experimental, prospective, longitudinal and analytical, where it was developed with two operational groups and four repetitions with an explanatory level and a quantitative approach. The study population corresponded to an area of 1000 m² of contaminated soil from the La Charapita dump where the sample was obtained according to the soil sampling guide established by the MINAN and for the sample 50 kg were used distributed in 8 pots 4 of them correspond to the corn plant (*Zea mays* L.) and the other 4 to the pole bean plant (*Cajanus cajan*) using observation as a technique. Obtaining as a result that lead decreased by 0.090 ppm with the corn plant (*Zea mays* L.) and 0.126 ppm with the pole bean plant (*Cajanus cajan*) having an initial result of 12.99 ppm. Likewise, in cadmium there was a decrease of 3.961 ppm with the corn plant (*Zea mays* L.) and 9.409 ppm with the pole bean plant (*Cajanus cajan*) having an initial result of 0.1880. Finding more variation with the first plant. We concluded that both plants were effective in the changes in the repetitions carried out, finding significant changes in the physical and chemical parameters.

Keywords: Phytoremediation, improvement, quality, soil, heavy metals, *Cajanus cajan*, *Zea mays* L.

INTRODUCCIÓN

El principal desafío presente en todo el mundo, especialmente en el Perú, es la polución ambiental causada por los botaderos a cielo abierto, en el entorno de suelo, agua, aire a la población. el sector charapita está situada en el km 631 en la carretera Fernando Belaunde Terry en el distrito y provincia de Tocache y departamento de San Martín, donde el área degradada cuenta con una extensión de 2.54420 ha.

La disposición de los residuos sólidos en este botadero municipal se viene usando desde el año 2012, que van a parar diariamente toneladas de residuos (basura), lo mismo que se fueron dejando en el área, abarcando y contaminando desordenadamente gran extensión de terreno agrícola y libre acceso de animales tales como gallinazos y garzas.

La contaminación de suelos generadas por el botadero a cielo abierto la charapita es de gran impacto ambiental y social. asimismo, La gestión incorrecta de estos residuos sólidos municipales en los vertederos provoca efectos perjudiciales en la salud de las personas y en el medio ambiente. Los elementos que definen la naturaleza e intensidad del impacto están vinculados con el tipo de desecho predominante, la separación entre las áreas habitadas y los vertederos, la profundidad de la capa freática, la distancia y particularidades de las fuentes de agua superficial, el suelo, el aire y la flora y fauna que podrían ser impactadas.

Este estudio de investigación se enfoca en tratar esta problemática medioambiental a través de la implementación del método de fitorremediación. En específico se investigó la eficacia de la fitorremediación mediante la planta del maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita .

La fitorremediación viene siendo una alternativa sostenible y económico donde consiste en el uso de plantas para disminuir la polución del suelo, constituye una táctica innovadora y sustentable para recuperar la

calidad del suelo y disminuir la concentración de plomo y arsénico en la zona impactada.

El objetivo principal de esta tesis es Comparar la eficacia de la fitorremediación mediante el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita Del Distrito y Provincia De Tocache, Departamento De San Martin-2024.

Este análisis tiene como objetivo no solo tratar la problemática ambiental apremiante en el sector charapita, además se centra en establecer los cimientos para soluciones sustentables y eficientes en la restauración de terrenos impactados por los botaderos a cielo abierto, aportando datos significativos para la toma de decisiones en el campo de la administración ambiental y la salvaguarda de la salud pública.

Los hallazgos indican que las plantas, en particular el maíz (*Zea mays L.*), resultan efectivas para disminuir el plomo y el cadmio en terrenos contaminados. Además, estas plantas parecen ejercer un efecto beneficioso en las características físicas del terreno, aunque no influyen de manera significativa en los parámetros químicos. Estos descubrimientos corroboran la factibilidad de la fitorremediación como una táctica para mejorar la calidad de suelo.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación del suelo es el deterioro de la calidad del suelo debido a la presencia de productos químicos. Donde Se define como un aumento en la concentración de un compuesto que provoca cambios nocivos y reduce su uso potencial, tanto como resultado de la actividad humana como en la naturaleza.

Los mayores problemas que suceden en el mundo de hoy, especialmente en Perú, son Contaminación del medio ambiente suelo, agua y aire por la mala disposición de los residuos sólidos en botaderos a cielo abierto.

Los problemas ambientales más importantes en la sociedad moderna en los últimos años son, sin duda, los residuos sólidos. La gran producción de residuos municipales exige la creación de servicios especiales de recogida y almacenamiento de residuos sólidos. Sin embargo, gran parte de estos desechos se acumula en un botadero y tiene un gran impacto en el medio ambiente contaminando el suelo, aire y agua de la zona.

El ser humano en su interacción con el ambiente siempre se ha visto enfrentado al problema del manejo de sus residuos sólidos. Este problema aumentó cuando las personas se concentraron en centros urbanos, incrementando la cantidad de desechos generados y haciendo cada vez más difícil la disposición de estos. La problemática ambiental relacionada directamente con el manejo de los residuos sólidos afecta al ser humano y a su entorno de diferentes maneras, especialmente en la salud pública y la salud del medio ambiente, asimismo generan malos olores, fluidos, aparición de animales, propagación de plagas, alteración del paisaje y en si una contaminación ambiental general.

La producción de estos residuos sólidos en las ciudades de América Latina y el Caribe alcanzó el límite de 540 mil toneladas. Según Naciones Unidas, cada día se tiran alrededor de 145.000 toneladas de residuos, lo que corresponde al 30 por ciento de la producción total de estas regiones. Para 2050, estas dos regiones deberán producir aproximadamente 671 mil toneladas de residuos por día.

El manejo inadecuado de los desechos sólidos afecta de manera más directa a este recurso natural, ya que a lo largo de los años las personas han depositado sus propios desechos sólidos en el suelo. La contaminación del suelo se produce a través de diversos elementos como los lixiviados que se filtra a través del suelo, afectando su productividad y destruyendo la micro fauna (lombrices, bacterias, hongos y musgos, entre otros). Esto conduce a una disminución en la productividad del suelo, lo que aumenta la desertificación del suelo.

Hoy se sabe que la disposición inadecuada de desechos sólidos municipales en botaderos ocasiona impactos negativos en la salud humana y en el ambiente. Los factores que determinan la forma e intensidad del impacto están relacionados con el tipo predominante de residuo, distancia entre las zonas pobladas y los botaderos, profundidad de la capa freática, distancia y características de las fuentes de agua superficial, el suelo, aire y la flora y fauna que podrían verse afectados

En el Perú Uno de los problemas más importantes asociados con la gestión de residuos sólidos es su disposición final. Es común señalar que hay ciudades que cuentan con sistemas adecuados de recolección de residuos sólidos, pero aun así arrojan sus residuos a los suelos, ríos, mares, arroyos y espacios públicos. Los vertederos a cielo abierto de desechos, comúnmente conocidos como "botaderos", son extremadamente dañinos para el medio ambiente y representan una grave amenaza para la salud de la población.

De los más grandes problemas que afronta el Perú, está el inadecuado manejo de los residuos sólidos, que llegan a 19000 toneladas al día, de los cuales el 44 % terminan en botaderos, 52 % dispuestos en rellenos sanitarios

y el 4 % son aprovechados. De los 1585 botaderos identificados a nivel nacional, 27 han sido categorizados como áreas que pueden ser integradas a infraestructuras formales para disposición final de residuos sólidos. Ancash con 149 botaderos es el departamento con mayor presencia, le sigue Cajamarca con 149 y Puno con 111, pero las áreas más afectadas por extensión de terrenos son Lambayeque con 438 hectáreas, Ica con 276 y Piura con 250 (Abanto, 2019).

Según el inventario nacional de áreas degradadas por residuos sólidos, el departamento de San Martín cuenta con 70 botaderos municipales de los cuales pertenecen 6 botaderos a las municipalidades provinciales y los 64 botaderos pertenecen a las municipalidades distritales.

Asimismo, En la provincia y distrito de Tocache al no contar con un relleno sanitario controlado, dispone sus residuos sólidos a dos kilómetros de la ciudad de Tocache, que se encuentra ubicado el botadero municipal llamado "LA CHARAPITA" que cuenta con extensión de 1.13 hectáreas y la cantidad que Disponen Diariamente de 16 toneladas por día, Con una cercanía al centro de la ciudad ubicado en el sector Charapita.

es sin duda un foco de proliferación de insectos y roedores que transmiten enfermedades que ponen en peligro la salud pública, así mismo se ve alterado el medio ambiente, por sus diversos efectos que van desde el deterioro de la calidad del aire que respiramos, tanto localmente como a sus alrededores, a causa de las quemas de los residuos y los humos, asimismo provoca la alteración de la biodiversidad del suelo reduciendo la materia orgánica que contiene y su capacidad para actuar como filtro y También se contamina el agua almacenada en el suelo y el agua subterránea, provocando un desequilibrio de sus nutrientes.

Es por esta razón que Este estudio pretende aportar conocimientos sobre técnicas de tratamiento de suelos con la Fito remediación mediante El Maíz (*Zea Mays*) Y El Frijol De Palo (*Cajanus Cajan*), que es una tecnología limpia e in situ, no destructiva, viable y económica de implantar, una alternativa que limpia el suelo y le devuelve su calidad, de acuerdo a las normas

regulatorias. asimismo, se pretende que este proyecto sirva como base para otras investigaciones al futuro.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia de la fitorremediación *mediante el* maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita Del Distrito Y Provincia De Tocache, Departamento De San Martin-2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con *el* maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*)?

¿Cuáles serán las características morfológicas de la planta del maíz (*Zea mays L.*) y del frijol de palo (*Cajanus cajan*) después de la fitorremediación?

¿Cuál es el porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*)?

¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con *el* maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*)?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Comparar la eficacia de la fitorremediación mediante el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita Del Distrito Y Provincia De Tocache, Departamento De San Martin-2024.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*).

Evaluar las características morfológicas de la planta del maíz (*Zea mays L.*) y del frijol de palo (*Cajanus cajan*) después de la fitorremediación.

Evaluar la presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*).

Evaluar las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*).

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio trata el problema de los residuos sólidos en la Provincia y Distrito de Tocache y sus efectos nocivos en el medio ambiente, la disposición inadecuada provoca problemas ambientales que afectan al suelo, el agua y el aire, afecta a la atmósfera por la quema de los residuos, y la tierra pierde muchas de sus propiedades originales y se daña.

En el Distrito de Tocache se dispone sus residuos sólidos a dos kilómetros de la ciudad de Tocache, que se encuentra ubicado el botadero municipal llamado "La Charapita" que cuenta con extensión de 1.13 hectáreas y la cantidad que Disponen Diariamente es de 16 toneladas por día, Con una cercanía al centro de la ciudad ubicado en el sector Charapita.

El presente estudio pretende contribuir en la recuperación de suelos contaminados por residuos sólidos provenientes del botadero la charapita ya que al día de hoy continúan afectados por la presencia de lixiviados, factores tóxicos y vectores contaminantes, contaminación del suelo, agua y aire de su localidad.

Este estudio se enfoca en mejorar la calidad del suelo contaminado por, residuos sólidos provenientes del botadero La Charapita, eligiendo por la fitorremediación por plantas hiperacumuladoras, las cuales juegan un papel fundamental para el tratamiento de suelos contaminados.

Este tipo de tratamiento es una opción factible económicamente, ecológicamente y socialmente viable a comparación de otras técnicas convencionales, con esta investigación buscamos mejorar la calidad del suelo y la salud de la población que viven cerca de la zona.

Los resultados que se obtiene de esta investigación servirán para contribuir a nuevas investigaciones, y buscar nuevas soluciones a la contaminación de suelos a través de la fitorremediación.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Durante la investigación de este trabajo de tesis las limitaciones estuvieron dadas por varias cuestiones. Por un lado, por la falta de antecedentes regionales en estudios sobre la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la calidad de suelos contaminados por el botadero la Charapita, dada la novedad de la temática.

Nuestra universidad de Huánuco (U.D.H) no tiene un laboratorio certificado y especializado en análisis de suelo, por ello se tendrá que enviar las muestras de suelo hacia la ciudad de Tingo María, para ser analizados en el laboratorio de suelos de la universidad nacional agraria de la selva.

El lugar del área de estudio se encuentra fuera del departamento de Huánuco con 5 horas de viaje hacia el departamento de San Martín Provincia Y Distrito De Tocache.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. VIABILIDAD OPERATIVA

El proceso del desarrollo de este estudio de investigación se mostró factible operativamente porque se va a disponer de un asesor y la logística ineludible o necesaria (movilidad, personal y materiales necesarios).

1.7.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

La fitorremediación con la planta del maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) es para mejorar la calidad del suelo ya que esta es una tecnología de bajo costos porque se trabaja con plantas de la zona. Las actividades que se programaron desde en todo el proyecto (elaboración, ejecución y presentación) fueron cubiertas íntegramente por el investigador.

1.7.3. VIABILIDAD AMBIENTAL

La fitorremediación cuenta con un alto grado de eficiencia del suelo, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Por qué se va trabajar con plantas del maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) que es un renovador de suelos y que brinda mucho nitrógeno y potasio a la tierra, lo cual favorece mucho en la recuperación de suelos contaminados por el botadero La Charapita .

1.7.4. VIABILIDAD SOCIAL

Este trabajo de investigación es viable, debido a que beneficiará a los pobladores cercanos del sector Charapita, recuperando zonas contaminadas del botadero a cielo abierto La Charapita.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Suárez (2021) en su tesis titulada: **fitorremediación: una alternativa para reducir la contaminación por hidrocarburos de petróleo en Ecuador, Universidad Estatal Península de Santa Elena** tiene como **objetivo** Sintetizar los resultados de los estudios científicos sobre el uso de la fitorremediación como una alternativa para reducir los niveles de contaminación por hidrocarburos en el Ecuador, en La metodología se evaluaron los niveles de tolerancia y potencial fitorremediador de *Ludwigia perruviana*, *Mimosa polydactyla*, *Tessaria integrifolia* y *Verbena litoralis* en suelo contaminado por petróleo (3 y 6% de concentración) en la ciudad de Quito, donde las especies *Tessaria integrifolia* (especie arbórea) y *Verbena litoralis* (especie herbácea) tuvieron un mayor crecimiento radicular y mejor capacidad fitorremediadora con la adición de fertilizante en el suelo y a bajas concentraciones de petróleo (3%) ya que degradaron el hidrocarburo en forma significativa a diferencia de las otras especies. Como **resultado** obtenido De acuerdo a la bibliografía revisada ensayos previos indican que se ha estudiado la fitorremediación en Ecuador, a nivel de laboratorio se ha demostrado la eficiencia, capacidad y tolerancia de plantas en suelos contaminados por petróleo y en el tratamiento de aguas residuales. Pese a que se trata de una técnica nueva, es económicamente rentable (se trabaja con especies de ciclo corto), realizar el proceso de fitorremediación en Ecuador es factible para el tratamiento de contaminación por hidrocarburos de petróleo en la recuperación de ecosistemas deteriorados.

López & Contreras (2017) en su tesis titulada: **Estudio de factibilidad del uso de la fitorremediación como alternativa para la remoción de metales pesados en el suelo usado como botadero a cielo abierto en Utopía-Yopal, Universidad de La Salle, Bogotá**, que tuvo como **objetivo** evaluar manera experimental, la evaluación de la factibilidad de aplicación de la fitorremediación con las especies *Arachis Pintoi* y *Chrysopogon Zizanioides*, como alternativa para la remoción de metales pesados del suelo utilizado como botadero a cielo abierto en la sede Utopía de la Universidad de la Salle. Para llevar a cabo esta **metodología**, se analizaron inicialmente las características fisicoquímicas y el contenido de metales pesados aportados al suelo en el sitio del botadero en comparación con el contenido presente en un suelo sin influencia antrópica, una vez identificados los metales de interés, se seleccionaron las especies vegetales que mejor respondieran a las necesidades de remoción de dichos metales y a la adaptabilidad edafoclimática. Posteriormente, se elaboraron catorce montajes de simulación donde se evaluó la eficiencia de remoción de metales pesados, su comportamiento fenotípico y la concentración de los metales en el tejido vegetal, para de esta manera analizar la reacción física y toxicológica sobre la planta y realizar finalmente la evaluación de factibilidad, la cual permitiera conocer la viabilidad económica de la alternativa evaluada. De acuerdo con los **resultados obtenidos**, se tiene que el pH reportado en la Muestra Blanco presenta un valor de 5,7 unidades de pH lo que no indica problemas graves de acidez, pero se relaciona con problemas de Al^{3+} Intercambiable (Oliva, 2009). Por otro lado, la Muestra Botadero, presenta un valor de 4,4 unidades, el cual nos indica que es un suelo extremadamente ácido, relacionando esto con el déficit de bases intercambiables y la presencia de metales pesados, es por esto que los microorganismos encargados en descomponer la materia orgánica y proveer los nutrientes a las plantas disminuyen su actividad, inhibiendo el suministro de estos elementos al suelo, ocasionando su baja fertilidad.

Queupuan (2017) en su tesis titulada: **evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de atriplex halimus l. universidad de chile** , tiene como **objetivo** aplicar la fitorremediación inducida como estrategia de mitigar la contaminación de suelos por plomo mediante el cultivo de Atriplex halimus L. El ensayo se llevó a cabo en las dependencias de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Se determinaron las principales propiedades químicas y extracción secuencial en el suelo. Para la **metodología** Se establecieron 24 macetas con suelo contaminado con Pb (2.950 mg kg⁻¹) proveniente de La Comuna de Puchuncaví, Región de Valparaíso (Chile), y se incorporó ácido cítrico en dos dosis como agente quelante (4 g L⁻¹ y 8 g L⁻¹) a través del agua de riego. Se evaluó la concentración de Pb de la especie Atriplex halimus L. a los 90 y 180 días de ensayo. Los resultados obtenidos, permiten señalar que la aplicación continua de ácido cítrico produjo un aumento significativo en la concentración de Pb en la planta. La dosis de 8 g L⁻¹, permitió obtener las mayores concentraciones del elemento en la planta, alcanzando 28, 6 ± 3,9 mg kg⁻¹ en hojas y 200,2 ± 38,8 mg kg⁻¹ en raíces. Sin embargo, se observó que, a los 180 días de ensayo, la adición de ácido cítrico disminuyó significativamente la producción de materia seca en raíces. La especie Atriplex halimus L. presentó bajos valores para el índice de transporte aérea tanto a los 90 como a los 180 días de ensayo.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Julca (2022) en su tesis titulada: **Capacidad Fitorremediadora Del Maíz Y El Girasol En Suelos Contaminados Del Botadero Municipal De Lucma, Universidad privada del norte , Trujillo - Perú.** Este presente trabajo tiene como **objetivo** determinar el efecto de la capacidad fitorremediadora del maíz y girasol en suelos contaminados con metales pesados (plomo, arsénico, mercurio, cadmio) en el botadero municipal de Lucma, por medio de una **metodología** no experimental – transversal - descriptiva que consiste en obtener información de la

concentración de metales antes y después de aplicar la fitorremediación en el suelo del botadero del Distrito de Lucma, y realizar un análisis estadístico para determinar si existe remoción significativa de metales pesados, además de comparar con los Estándares de Calidad Ambiental. Como **resultados** se obtuvo que: estadísticamente si existe remoción significativa de estos metales habiendo aplicado la fitorremediación, debido a que los valores de p-valúe determinados para estos metales son menores que el nivel de significancia de 0.05, asimismo se obtuvieron los porcentajes de remoción para el Plomo son de 41.51%, 43.47% y 44.44%; para el Arsénico son de 49.96%, 49.23% y 50.39%; para el Mercurio son de 50.26%, 59.38% y 62.68%, y para el Cadmio son de 76.41%, 61.62% y 64.66%, en los estratos bajo, medio y alto respectivamente. En **conclusión**, el maíz y el girasol son agentes fitoremediadores eficaces, ya que remueven significativamente los metales pesados del suelo.

Chamorro & Chinchay (2020) en su tesis titulada: **Fitorremediación de suelos contaminados por metales (Plomo y Cadmio) mediante planta nativa Maíz “Zea mays. L” en la minería, Universidad Peruana Unión**, la presente investigación se realizó con Los suelos de la minería del País se caracterizan por tener metales que causan daños severos al ambiente; entre las opciones de tratamiento se evalúa la capacidad fitorremediadora del Maíz en suelos contaminados por Pb y Cd. Se realizó una búsqueda en scielo, redalyc, science direct y EBSCOhost con las palabras: “Zea mays. L” fitorremediación en la minería, se seleccionaron 40 artículos para evaluar la capacidad fitorremediadora del Maíz. Las modalidades de tratamiento fue analizar qué tan efectiva es la planta del Maíz para remover Plomo y Cadmio de estos suelos contaminados de la minería, los tratamientos con mejores resultados fueron analizar la capacidad fitorremediadora evaluada en maseteros después que la planta haya alcanzado su crecimiento total, luego de los análisis del estudio en laboratorios acreditados la planta fue más efectiva removiendo Plomo. Por consiguiente; la planta de maíz acumula mayor cantidad de plomo en las raíces, hojas y tallos, indicando

que el Maíz es una planta estabilizadora más eficiente para este metal. El objetivo de este trabajo es presentar una revisión de la literatura sobre la capacidad fitorremediadora de la planta nativa *Zea mays*. L para suelos contaminados por Pb y Cd en la minería. Al ser esta planta muy eficiente absorbiendo Plomo ayudará en gran manera a los suelos contaminados de la minería por este metal y de la misma manera ayudará a que la salud de las personas aledañas a la minería no se vea afectada.

Aguilar (2019) en su tesis titulada: Remoción de CD, CR ZN y PH mediante sistema batch con presencia *Cajanus cajan* (L.) Huth (frijol palo) a nivel de laboratorio, Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva. la presente investigación Se determinó la remoción del Cr, Cd, Pb, Zn en un sistema batch con *Cajanus cajan* (L.) Huth en tres disoluciones a 25%, 50%, 75% v/v de lixiviado y un testigo en el lixiviado de botadero municipal. Como estudios preliminares se adaptó la especie en sistemas flotantes además se determinó que el Pb y Zn se encuentra en mayor concentración que el Cr y Cd, realizó la cinética de remoción a disolución al 50% v/v de lixiviado durante 15 días. Posteriormente, se realizaron las evaluaciones en los parámetros en el agua, encontrándose la eficiencia de remoción de sólidos, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad eléctrica, coliformes totales al 54.99%, 77.94%, 56.25% 98.22% respectivamente. También se observó la variación de temperatura, pH, oxígeno disuelto que influenciaron en los tratamientos. En la determinación de plomo al 25% v/v de lixiviado fue 0.2541 mg/ L, al 50% v/v de lixiviado fue 0.3742 mg/ L a 75% v/v de lixiviado 0.9627 mg/ L y en el zinc al 25% v/v de lixiviado 0.0518 mg/ L, al 50% v/v de lixiviado 0.0708 mg/ L al 75% v/v de lixiviado 0.0819 mg/ L, la mayor remoción de plomo y zinc que se encontró en el sistema batch fue de 70.54 y 73.31% respectivamente sin embargo al 25% v/v de lixiviado se encontró a mínimas concentraciones por lo cual no hubo un efecto de remoción en ambos elementos. con el límite máximo permisible determinado por el MINAM (2009) en el plomo y zinc.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Rios, & Sánchez (2022) en su tesis titulada: **Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021, Universidad Nacional De San Martín**, la presente investigación planteó como **objetivo** evaluar la fitorremediación de Cr y Cd en los suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, lo cual se muestran resultados pre-tratamiento y post-tratamiento, adicional cimentando una propuesta, **la investigación** es experimental de tipo aplicada, se emplearon 51 plantas de frijol castilla distribuidos en 3 tratamientos, parcela 1 con 17 plantas, parcela 2 con 20 vegetales, parcela 3 con 14 especies. Los **resultados** iniciales muestran concentraciones de Cd 0,381 mg/kg menor al ECA y el Cr 4,61 mg/kg más que el ECA. En los post-tratamientos, se evidenciaron fitorremediación donde las concentraciones de Cadmio en T1 con 17 plantas de frijol castilla es 0,719 mg/kg, en el T2 con 4,00 mg/kg sobrepasando al ECA de suelos, a los 47 días T3 con 14 plantas de frijol castilla la concentración del Cd fue de 0,800 mg/kg, menor a lo establecido en el ECA y para Cr, en el T1 4,61 mg/kg, T2 4,37 mg/kg, T3 4,560 mg/Kg, se **concluye** que la planta de frijol castilla no es eficiente para tratar Cadmio en suelos contaminados.

Pilco (2021) en su tesis titulada: **Determinación de la influencia de los lixiviados en la concentración de metales pesados del suelo del botadero municipal de Moyobamba, 2020, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto-Perú**, El presente trabajo de investigación, tuvo como **objetivo** principal determinar la influencia de los lixiviados en la concentración de metales pesados en suelo del botadero municipal de la ciudad de Moyobamba. Se analizaron los metales pesados: Cadmio, Arsénico y Plomo, en lixiviados y suelo. Para el muestreo de lixiviados, se recolectaron 03 muestras en total y para el muestreo de suelos se realizó de acuerdo a la Guía para el muestreo de suelos del MINAM (D.S. N° 002 – 2013 – MIMAN), recolectando 09 muestras (03 por metales

pesados). Los resultados obtenidos del análisis de lixiviados permitieron caracterizar los niveles de concentración de los metales pesados y el pH, mediante tablas y figuras. **Los resultados** de los niveles de concentración de metales pesados del suelo, fueron compararon con los ECAS para suelo agrícola, evidenciando que los resultados de este análisis no superan los niveles de concentración que se estipulan en los ECAS. Para determinar relación de la concentración de metales pesados en los lixiviados y suelo, se realizó una prueba de normalidad usando el test de Shapiro – Wilk, evidenciando que los datos en ambas variables no presentaban normalidad. Finalmente, se aplicó en test de Correlación de Spearman, teniendo como resultado una correlación muy baja entre ambas variables ($r = 0.133$, $r^2 = 1.77 \%$).

Días (2019). En Su Tesis Titulada: Evaluación De La Contaminación Del Suelo Por Lixiviados Del Botadero Municipal Del Distrito De San Pablo – 2018, Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto-Perú. La presente investigación, tuvo como **objetivo general** evaluar la contaminación del suelo afectado por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo, mediante una investigación de tipo descriptiva, en el que se analizaron a los metales pesados como Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cromo VI (Cr+6) y Cromo Total (Cr Total) en suelo, además se encuentran establecidos en el D. S N° 002-2013 MINAM, estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. Las muestras fueron obtenidas del suelo y posteriormente enviadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de San Martín. La **investigación concluye** que se alcanzó evaluar la contaminación del suelo afectado por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo, realizando dos muestreos en diferentes fechas, se muestrearon al Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cromo VI (Cr+6) y Cromo Total (Cr Total), el muestreo se realizó en tres diferentes puntos del botadero municipal (P1: Suelo Agrícola, P2: Suelo central del botadero, P3: La comparación de los niveles de concentración de los metales pesados evaluados con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. FITORREMEDIACIÓN

Como plantea López (2014), La fitorremediación deriva de la palabra (fito = planta y remedio = mal a corregir) es una de ellas plantas utilizadas para remover, desviar, estabilizar, concentrar y/o destrucción de contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos y sedimentos, Y se puede aplicar en el sitio y fuera del sitio.

Asimismo, Lur & Becerril (2008), menciona que La fitorremediación es una tecnología ecológica basada en la capacidad de ciertas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes, y actualmente se utiliza en varios países para remediar suelos contaminados con compuestos orgánicos e inorgánicos. La fitorremediación tiene varias ventajas frente a los métodos fisicoquímicos tradicionales, entre las que se pueden destacar sus menores costes económicos, un enfoque más respetuoso de los procesos ecológicos del ecosistema terrestre y el hecho de ser una tecnología más social, estética y respetuosa con el medio ambiente.

Además, Heredia (2000), señala que La fitorremediación es el avance de los estudios de las plantas que, por sus características, permiten utilizarse como técnica de remoción de contaminantes en medios como suelos o fuentes hídricas, mediante diversos mecanismos que forman parte de su estructura. Estos estudios han dado lugar a demostración del tratamiento de contaminantes, obteniendo resultados que permiten disminuir el impacto de la toxicidad del contaminante.

Desde el punto de vista de Jiménez (2017) El tratamiento de plantas es una técnica de tratamiento in situ que utiliza la vegetación y la microflora relacionada, enmiendas del suelo y técnicas agronómicas para reducir la contaminación del suelo. Las tecnologías de fitorremediación potencialmente útiles para la remediación de suelos contaminados con metales pesados incluyen la fitoextracción (acumulación de plantas), la fitoestabilización y la fitofiltración.

Mecanismo de la Fito remediación

Las Fito tecnologías se basan en mecanismos fisiológicos básicos como la transpiración, la fotosíntesis, el metabolismo y la nutrición que se encuentran en las plantas y los microorganismos relacionados.

Tabla 1

mecanismo de fitorremediación

PROCESO	MECANISMOS	CONTAMINANTES
Fito estabilización	Complejación	Orgánico e inorgánico
Fito extracción	Hiperacumulación	Inorgánico
Fito volatilización	Volatilización a través de las hojas	Orgánico e inorgánico
Fito inmovilización	Acumulación en la rizosfera	Orgánico e inorgánico
Fito degradación	Uso de plantas y microorganismo asociados para degradar contaminantes	Orgánicos

Nota. Los mecanismos fisiológicos básicos que tienen lugar en las plantas y en los microorganismos asociados a ellas, tales como: transpiración, fotosíntesis, metabolismo y nutrición. (Ghosh y Singh, 2005)

Fito Extracción

Este mecanismo radica en, absorber contaminantes a través de la Raíz y deposita en hojas y tallos, el uso de plantas es según los metales pesados de Extraer porque no todas las plantas tienen tolerancia a los mismos elementos. La selección de las plantas se realiza según el Tamaño de la raíz, tasa de crecimiento, Acumulación de contaminantes, biomasa y potencial de evapotranspiración. céspedes, Musgos y helechos son géneros con mejor adaptabilidad a diferentes ambientes Condiciones ambientales que pueden atrapar grandes cantidades de contaminantes (Delgadillo et al.,2011). asimismo (López et al,2005) La

fitoextracción o fitoacumulación consiste en la absorción de contaminantes por las raíces; es la capacidad de algunas plantas para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follaje. Este mecanismo ha sido ampliamente estudiado en plantas que acumulan metales .

La Fitoestabilización

Asegura la absorción y acumulación de contaminantes por raíces o la inmovilización de contaminantes en el suelo por precipitación en la zona de la rizosfera. Este proceso reduce la movilidad de los contaminantes y evita su migración a las aguas subterráneas o al aire. se aplica principalmente en terrenos extensos en donde existe contaminación superficial. Esta tecnología tiene como ventajas, sobre otros métodos de remediación de suelos, que es de menor costo, fácil de aplicar y estéticamente agradable. (Delgadillo et al., 2011).

Fito volatilización

Basado en la capacidad de evaporar ciertos contaminantes, como el mercurio y el selenio, del suelo, los sedimentos o el agua. Estos contaminantes son absorbidos, metabolizados, transportados desde las raíces a sus partes superiores (tallos y hojas), liberados a la atmósfera en forma volátil, menos tóxica o relativamente menos peligrosa que su forma oxidada. La transformación de estos elementos se realiza básicamente en la raíz, y su liberación se realiza durante la transpiración.

Fito inmovilización

En esta estrategia, utilizan plantas que desarrollan sistemas de raíces densos para reducir la biodisponibilidad de metales y otros contaminantes en el medio ambiente a través de mecanismos de secuestro, evaporación o humidificación. Las plantas controlan la hidráulica en el área contaminada, es decir, actúan como una bomba solar extrayendo humedad del suelo debido a su alta tasa de transpiración. Como este proceso también mantiene un contenido de

humedad constante en la rizosfera, se presentan condiciones adecuadas para la fijación de metales.

Fito degradación

Esta se basa en el uso de plantas para descomponer o transformar en sustancias menos tóxicas diferentes tipos de contaminantes orgánicos como hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos totales de petróleo, plaguicidas (herbicidas, plaguicidas y fungicidas), compuestos clorados, explosivos y tensioactivos (detergentes). A través de reacciones enzimáticas llevadas a cabo por plantas y microorganismos en la biosfera, es decir, el suelo estrechamente asociado con las raíces de las plantas, estos contaminantes se descomponen o metabolizan parcial o totalmente. Son así asimilados por las plantas y secuestrados en sus vacuolas o adheridos a estructuras celulares insolubles, como la lignina.

La Fito degradación consiste en la transformación de los contaminantes orgánicos en moléculas más simples. En determinadas ocasiones, los productos de la degradación le sirven a la planta para acelerar su crecimiento, en otros casos los contaminantes son biotransformados.

Ventajas Y Limitaciones De La Fitorremediación

Delgadillo et al. (2011) menciona que La fitorremediación, por sí misma, muestra una serie de ventajas y limitaciones en comparación con otras tecnologías convencionales, las cuales se presentan en la **tabla 2**. Las fitotecnologías son especialmente útiles para su aplicación en grandes superficies, con contaminantes relativamente inmóviles o con niveles de contaminación bajo, y deben considerarse procesos de recuperación a largo plazo.

Tabla 2

Ventajas y limitaciones de la fitorremediación

Ventajas	Limitaciones
✓ Se puede realizar in situ y ex situ. ✓ Se realiza sin necesidad de transportar el sustrato contaminado, con lo que se disminuye la diseminación de contaminantes a través del aire o del agua. ✓ Es una tecnología sustentable. ✓ Es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos. ✓ Es de bajo costo. ✓ No requiere personal especializado para su manejo. ✓ No requiere consumo de energía. ✓ Sólo requiere de prácticas agronómicas convencionales. ✓ Es poco perjudicial para el ambiente. ✓ Actúa positivamente sobre el suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, debido a la formación de una cubierta vegetal. ✓ Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable.	✓ En especies como los árboles o arbustos, la fitorremediación es un proceso relativamente lento. ✓ Se restringe a sitios de contaminación superficial dentro de la rizósfera de la planta. ✓ El crecimiento de las plantas está limitado por concentraciones tóxicas de contaminantes, por lo tanto, es aplicable a ambientes con concentraciones bajas de contaminantes. ✓ En el caso de la fitovolatilización, los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente. ✓ Los contaminantes acumulados en maderas pueden liberarse por procesos de combustión. ✓ No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras. ✓ La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes.

Nota. Muestra una serie de ventajas y limitaciones en comparación con otras tecnologías convencionales SEGÚN Delgadillo et al. (2011)

Plantas Fitorremediadoras

Las plantas (terrestres, acuáticas, leñosas, entre otras) usadas para la fitorremediación, cuentan con propiedades destinadas a almacenar metales. Convenientemente en el tejido vegetal y raíces, crecen rápidamente y resultan fácilmente cosechables” (Ríos, 2017).

Maíz (*Zea Mays L.*)

Según Poma & Quiñonez. (2022) señala en que El maíz, en su posición sistemática, se denomina como *Zea Mays L.*, con diversas variedades y razas. La mayoría de las plantas fitorremediadoras no se trata de especies poco comunes, sino de cultivos nativos y conocidos, tal como el caso del maíz (*Zea mays L.*) con un gran potencial para la acumulación de cadmio y plomo.

Maíz Marginal

Según Hortus 1984 variedad de MAD, amplia adaptabilidad a regiones marginales de baja tecnología y con regímenes de lluvias. Planta de porte mediano y mazorca con buena cobertura. Buen comportamiento a enfermedades comunes del cultivo. Período vegetativo varía de 130 a 150 días.

Tabla 3

Taxonomía del Zea Mays L.

TOXONOMIA DEL ZEA MAYS L.	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Genero	Zea
Especie	Zea Mays L.

Nota. El maíz (*Zea mays* L.) es una especie de gramínea anual originaria de América e introducida en Europa en el siglo XVII. En la actualidad, es el grano con el mayor volumen de producción a nivel mundial, incluso supera el del trigo y del arroz. (Ministerio del ambiente, 2018)

Tabla 4

Datos climatológicos del maíz

Periodo Fenológico	crecimiento vegetativo			
	Crecimiento reproductivo			
	Maduración			
Parte aérea	Germinación	Emergencia (1)	Desarrollo De Hojas (2)	Panojamiento (3)
Parte radicular		Brotamiento de raíces	Desarrollo y crecimiento de raíces	
Ocurrencia de la fase (dds)		10 - 15	90 - 100	100 - 115
Temperatura optima	15°C a 25°C	15°C a 25°C	15°C a 25°C	15°C a 21°C
Temperatura critica	< 10°C a 30°C >	< 10°C a 30°C >	< 6°C a 30°C >	< 7°C a 30°C >
Humedad optima	60% - 80%	60% - 80%	60% - 80%	60% - 80%
Déficit hídrico	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible

Nota. Información recolectada del ministerio de agricultura (MINAGRI)

Morfología De La Planta El Maíz (*Zea Mays* L.)

Según Poma & Quiñonez. (2018) señala que el *El maíz* (*Zea mays* L.) es un cereal, una planta de la familia gramínea americana, que se caracteriza por tener tallos largos y macizos (o perenne dependiendo de las condiciones ambientales de su hábitat, al final de los cuales se dan espigas o mazorcas con diferentes características agronómicas y morfológicas dependiendo del tipo de planta de su origen.

a) **Raíces:** presenta numerosas raíces adventicias que brotan de los nudos inferiores y que dirigiéndose al suelo se fijan fuertemente

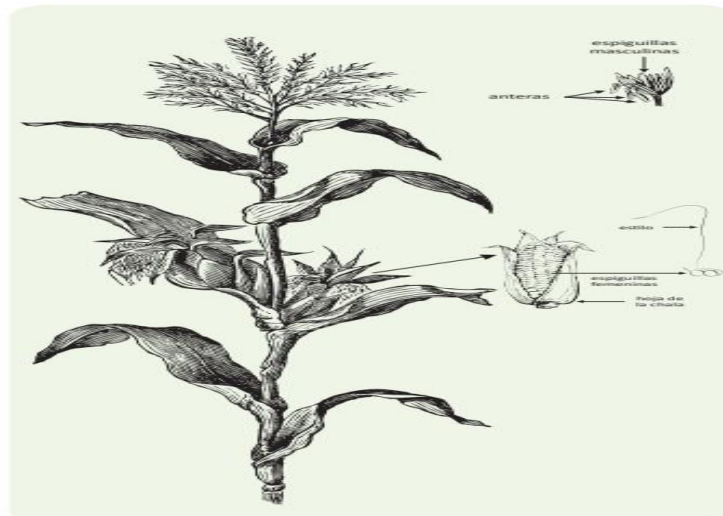
b) **Tallos:** es herbáceo, recto, cilíndrico, en su base presenta nudos y entrenudos bien diferenciados, desarrolla raíces adventicias en los nudos inferiores

c) **Hojas:** son simples, alternas cortantes, alargadas y estrechas, paralelinervias y con una larga vaina en forma de envoltura, y están constituidas de vaina, cuello y lámina. La vaina es una estructura cilíndrica, abierta hasta la base, que sale de la parte superior del nudo. El cuello es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta y la lámina es una banda que termina en un ápice muy agudo

d) **Flores:** el maíz es una planta monoica, por tanto, tiene flores masculinas y femeninas, en el mismo pie de la planta la inflorescencia masculina se presenta en forma de panoja terminal y cada flor que es apétala, tiene tres estambres protegidos por brácteas. Las flores femeninas se disponen en las axilas de las hojas en un eje grueso y están cubiertas por brácteas protectoras dando lugar esa inflorescencia a un tipo especial de espiga

e) **Fruto:** el fruto y la semilla forman un solo cuerpo: el grano de maíz es un fruto pequeño, seco, y contiene un solo cotiledón.

Figura 1
Morfología de la planta del maíz



Nota. MINAN (2008)

Frijol De Palo (*Cajanus cajan*)

Cedano. (2006) señala que el Frijol de Palo o Gandules es una leguminosa arbustiva de hojas alternadas trifolioladas su nombre científico es "*Cajanus cajan*". Es una planta con capacidad de fijar una elevada cantidad de nitrógeno en el suelo. Además, su raíz penetrante es bastante útil para des compactar los suelos además que sus hojas cuando caen al suelo se comporta como herbicida natural no dejando crecer malezas bajo la copa de la planta.

Tabla 5
Taxonomía del frejol de palo (*Cajanus Cajan*)

TOXONOMIA DEL CAJANUS CAJAN	
Clase	Angiosperma
Sub clase	Dicotyledoneae
Orden	Leguminosae
Familia	Papilionaceae
Genero	Cajanus
Especie	<i>Cajanus cajan</i> (L).huth

Nota. se describe la clasificación taxonómica para *Cajanus caján* L. frijol de palo según Cedano. (2006)

2.2.2. CALIDAD DE SUELO

Según moreno et al. (2015) manifiesta que la calidad de los suelos es importante, puesto que contribuye a establecer la sostenibilidad de los diferentes sistemas de manejo. Los suelos con máxima calidad son capaces de mantener alta productividad y causar el mínimo deterioro ambiental

Desde su punto de vista de Navarrete et al. (2011) señala que la calidad del suelo es dinámica y puede cambiar en el corto plazo, de acuerdo con el uso y prácticas de manejo, y para conservarla es necesario implementar practicas sustentables en el tiempo. La evaluación de la calidad del suelo permite entender y revertir el deterioro en dicha funcionalidad eco sistemática como sucede con:

- la pérdida de suelos por erosión, depósito de sedimento por viento e inundaciones, reducción de la infiltración, compactación de la capa superficial.
- pérdida de nutrimentos, efecto de la presencia de pesticidas, cambios en el pH, aumento de la solubilidad de metales pesados, pérdida de materia orgánica, reducción de la actividad biológica, infestación de organismos patógenos y reducción de la calidad de agua.

2.2.3. SUELO

García et al. (2012) menciona que el suelo es un recurso indispensable para la vida que permite el desarrollo de las plantas, los animales y el hombre. Sin embargo, aún no se reconocen todas las funciones que realiza, por lo que el concepto general de suelo fértil se refiere más bien a sus propiedades químicas, específicamente a la disponibilidad de los macro elementos primarios (nitrógeno, fósforo y potasio). En los últimos años se han propuesto nuevas definiciones que integran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, así como su capacidad de ser sostenibles, producir alimentos sanos y mitigar la polución medioambiental.

El suelo es uno de los ecosistemas más diversos y complejos que existen en la naturaleza; en ningún sitio del planeta existe en un pequeño espacio tanta diversidad de vida.

El suelo es el único ambiente que combina las fases sólida, líquida y gaseosa formando una matriz tridimensional.

La compleja naturaleza física y química, su estructura porosa y el suministro de materiales orgánicos extremadamente diferentes, proporcionan una heterogeneidad de alimento y de hábitat que permiten en él la coexistencia simultánea de una gran diversidad de flora y fauna. (INIA,2015)

2.2.4. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SUELO

García et al. (2012) señala que los indicadores de la calidad de suelo se conciben como una herramienta de medición que debe ofrecer información sobre las propiedades, los procesos y las características. Estos se miden para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado.

Asimismo, remarca que los indicadores son instrumentos de análisis que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos, y son usados en muchas esferas del conocimiento (economía, salud, recursos naturales, etc.).

Los indicadores de la calidad del suelo pueden ser las propiedades físicas, químicas y biológica.

2.2.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO

Rucks & García (2004) mencionan que el estado físico del suelo determina la dureza y la capacidad de carga del suelo, la penetración de las raíces, la aireación, el drenaje y la capacidad de almacenamiento de agua, la plasticidad y la capacidad de retención de nutrientes.

Tabla 6
Indicadores físicos de la calidad del suelo

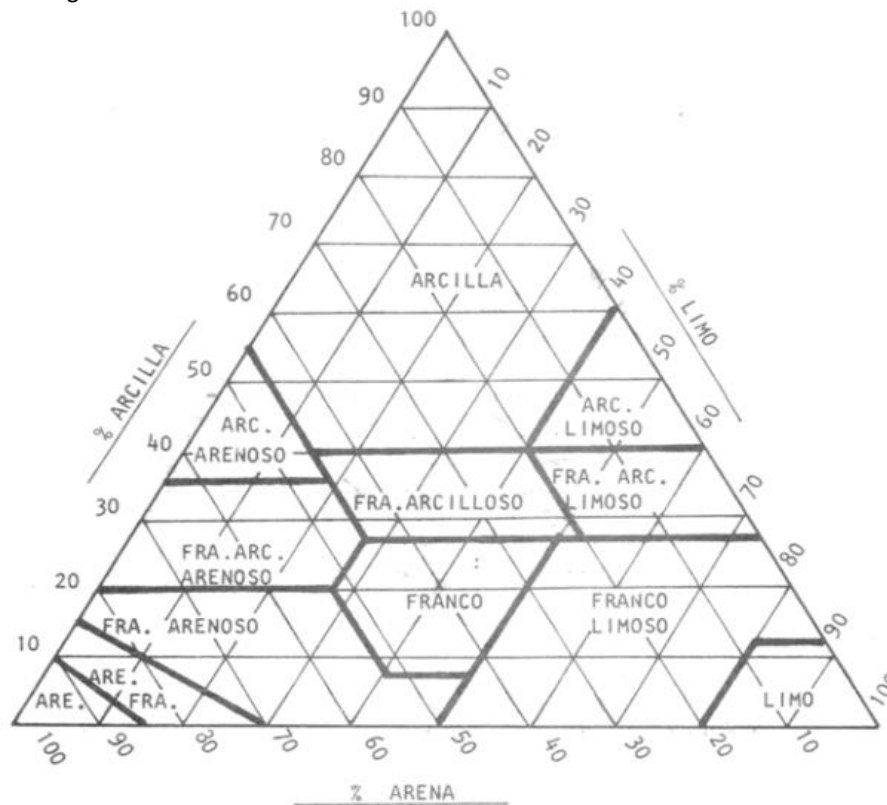
Indicador	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades
<i>Textura</i>	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o posición del paisaje
<i>Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces</i>	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
<i>Infiltración y densidad aparente</i>	Potencial de lavado; productividad y erosividad	minutos/2.5 cm de agua y g/cm ³
<i>Capacidad de retención de agua</i>	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm ³ /cm ³), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación

Nota. indicadores físicos de la calidad del suelo determina la dureza y la capacidad de carga del suelo según Rucks & García (2004).

Textura

La textura del suelo representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla (Rucks & García,2004).

Figura 2
Triangulo Textural Del Suelo



Nota. El interior del triángulo está dividido en casillas, cada una de ellas representa una clase textural de suelo caracterizado por las proporciones de uno o de dos elementos dominantes; suelos arenosos, limosos, arcillosos, arcillo arenosos, etc.

Color

Ramírez (1997) define que Suelo es una de las características que está directamente relacionada con la temperatura, la dinámica de los elementos y la movilidad del agua en el suelo. contenido de materia orgánica. el número de organismos, la evolución del suelo, etc. A simple vista se puede inferir que diferentes procesos y fenómenos han ocurrido en el suelo a lo largo del tiempo y en la actualidad.

Porosidad

Porcentaje del volumen del suelo ocupado por agua, nutrientes, aire y gases que pueden circular o almacenarse. Esta propiedad puede modificar la capacidad de retención de agua, que afecta la tasa de transpiración y fotosíntesis en las plantas (Fertilab, 2019).

Densidad Aparente

Ramírez (1997) manifiesta relación entre la masa y el volumen del suelo. En este conjunto, se consideran todos los espacios porosos existentes. Esta es una característica que indica las condiciones en que se encuentra el suelo en relación a la compactación, porosidad, disponibilidad de agua y oxígeno, etc. El suelo de los Llanos tiene una densidad aparente que varía de 1,2 a 1,95 g/cc. El suelo empieza a tener problemas de compactación cuando estos valores están por encima de 1,6 g/cc.

Tabla 7

Relación entre la densidad aparente y la porosidad total

DENSIDAD	POROSIDAD	APARENTE. G/CC	TOTAL. %
<01.0		>63.0	
01.0-01.2		55.0-62.0	
01.2-01.4		47.0-54.0	
01.4-01.6		40.0-46.0	
01.6-01.8		32.0-39.0	
>01.8		<31.0	

Nota. Información brindada por Duchaufour en 1965.

Densidad Real

Ramírez (1997), Señala la muestra y la relación entre el volumen de las partículas del suelo y su volumen sin tener en cuenta el espacio poroso. Densidad real. cuando no hay cantidades significativas de materia orgánica. oscila entre 2,5 y 2,6 g/cc. y alcanzó el valor más alto (2,65 g/cc) en suelo arcilloso o arenoso con muy poca materia orgánica. En suelos con abundante contenido en hierro se pueden alcanzar valores superiores a 2,7 g/cc (suelo feralit) (según "propiedades físicas del suelo. IGAC). El estado de porosidad del suelo se puede conocer de acuerdo a la siguiente relación:

2.2.6. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

las Propiedades del suelo que afectan su composición química, entre las cuales podemos mencionar: pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), el contenido de materia orgánica (MO) Fertilab (2019).

Tabla 8

Indicadores químicos de la calidad del suelo

Indicador	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión	Kg de C o N ha ⁻¹
pH	Define la actividad química y biológica	comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana	dSm ⁻¹ ; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental	Kg ha ⁻¹ ; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos

Nota. ecosistemas (2004)

PH

Pereira et al (2011) señala que El pH indica el grado de acidez de la solución del suelo, pero no la acidez total del suelo. El pH debido a la influencia que tiene sobre el desarrollo de las plantas y la fauna del suelo, incide además en la velocidad y calidad de los procesos de humificación y mineralización, así como en el estado de determinados nutrientes

El pH es un parámetro que permite conocer que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, dicho que la solución del suelo es donde las raíces de las plantas toman los nutrimentos necesarios para su crecimiento y desarrollo. La escala de medición del pH está entre los valores de 0.0 a 14.0. El pH también es un indicador de múltiples propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo que influyen fuertemente sobre la disponibilidad de los nutrimentos esenciales para las plantas. **INTAGRI S.C.** (2018).

Tabla 9

Clasificación de acidez del suelo

pH de la solución de suelo	Categoría
Menores a 4	Suelos extremadamente ácidos
4.5 a 5.0	Suelo muy fuertemente ácido
5.1 a 5.5	Suelo fuertemente ácido
5.6 a 6.0	Suelo medianamente ácido
6.1 a 6.5	Suelo ligeramente ácido
6.6 a 7.3	Suelo neutro
7.4 a 7.8	Suelo medianamente básico
7.9 a 8.4	Suelo moderadamente básico
8.5 a 9.0	Suelo fuertemente básico
Mayores a 9.1	Suelo muy fuertemente básico

Nota. La acidez de los suelos se clasifica según sus valores en las categorías. Pereira & Marín (2011)

Capacidad De Intercambio Catiónico (CIC)

Capacidad de retención de cationes de las cargas negativas presentes en el suelo (FAO, 2015).

Esta propiedad determina la disponibilidad y cantidad de nutrimentos para la planta, los suelos arenosos y con poca materia orgánica tienen una baja CIC Fertilab. (2019).

Conductividad Eléctrica (CE)

Capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica y dependerá del contenido de sales disueltas o ionizadas en la solución del suelo, a mayor CE mayor contenido de sales (López y Estrada, 2015). Según Warnecke y Krauskopg (1983) un nivel adecuado de CE en sustratos es

de 1 a 2 dS/m, y recomiendan el uso de riegos pesados con agua de baja concentración de sales para disminuir la CE de un suelo con problemas de sales Fertilab. (2019).

2.2.7. PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

Su punto de vista de Ramírez (1997) señala que la biología del suelo es la ciencia que se ocupa del estudio de los organismos que, de una forma u otra, actúan sobre el suelo, modificando su composición, estructura y actividad. Los microorganismos del suelo se clasifican según su tamaño:

Macrofauna:

Son organismo de más de 1 cm de diámetro. Es decir, son visibles a simple vista y provocan cambios físicos y, en algunos casos, químicos en el suelo. Pueden ser: vertebrados, organismos directamente asociados al suelo y animales salvajes. Invertebrados, incluidos moluscos como caracoles y babosas, vertebrados como lombrices de tierra, carnívoros como orugas y artrópodos como crustáceos. insectos y ciempiés.

Mesofauna:

Son especies con un diámetro de 200 micras a 1 cm, encargadas de generar cambios físicos y químicos en el suelo. En el mesodermo, los más importantes son los nematodos.

Microfauna:

Son responsables de las transformaciones químicas asociadas a los procesos de humificación y mineralización química orgánica. Varían en diámetro de 20 a 200 micras. Los más importantes son los protozoos. Las bacterias son los microorganismos del suelo más prolíficos e importantes para transformar químicamente varios compuestos en formas que pueden ser absorbidas por las plantas. La mayoría son heterótrofos y saprótrofos (descomponen compuestos) y algunos son autótrofos (se alimentan por sí solos).

Microflora:

Está conformado por dos grupos de microorganismos: bacterias y hongos, los cuales se relacionan entre sí como característica de todos los ecosistemas; Las tierras de cultivo y de pastoreo en general tienen muchas bacterias, mientras que el suelo forestal tiene muchos hongos.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**Suelo:**

Se le considera al suelo como un ser natural estructurado, que se encuentra en constante cambio y que para su formación y evolución depende de factores bióticos como abióticos. Entre estos factores está el clima, organismos, el relieve y el tiempo; todos ellos actuando sobre el material parental, la roca madre (Pereira et al., 2011).

Sitio contaminado:

Aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositados por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores representa un riesgo a la salud humana o el ambiente (MINAM, 2013)

Suelo contaminado:

Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana (MINAM, 2013)

Fito remediación:

La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados,

metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo (Delgadillo et al., 2011).

Parámetro:

La sustancia o componente químico del suelo que determina la calidad del suelo y Puede especificarse en normas y reglamentos estándar de la calidad ambiental, nacional e internacional. (MINAM, 2017).

Ex situ

Técnica para analizar suelos contaminados, para lograr determinar la cantidad de contaminantes que presenta en sus características, se necesita excavar o remover el suelo antes de su tratamiento. Las muestras pueden ser estudiadas fuera de su lugar de origen (Guillermo & Francisco, 2011).

ECA

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (MINAM, 2017)

Botadero:

Acumulación inapropiada de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías, lo que genera riesgos sanitarios o ambientales (MINSA,2004)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H_i: la eficacia de la fitorremediación mediante *el maíz (Zea mays L.)* y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) mejora la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita Del Distrito Y Provincia De Tocache, Departamento De San Martin-2024.

H_o: la eficacia de la fitorremediación mediante *el maíz (Zea mays L.)* y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) no mejora la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita Del Distrito Y Provincia De Tocache, Departamento De San Martin-2024.

2.4.2. HIPÓTESIS SEGUNDARIOS

H_i: Las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con *el maíz (Zea mays L.)* y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) influyen en la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita.

H_o: Las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con *el maíz (Zea mays L.)* y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) no influyen en la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita.

H_i: Las propiedades biológicas del suelo antes y después de la fitorremediación con *el maíz (Zea mays L.)* y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) influyen en la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita.

H_o: Las propiedades biológicas del suelo antes y después de la fitorremediación con *el maíz (Zea mays L.)* y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) no influyen en la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita.

H_i: El porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con *el maíz (Zea mays L.)* y el frijol de

palo (*Cajanus cajan*) influyen en la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita.

H₀: El porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) no influyen en la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita.

H_i: Las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) influyen en la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita.

H₀: Las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) no influyen en la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita

2.5. VARIABLES

2.5.1. Variable Independiente

Fitorremediación.

2.5.2. Variable Dependiente

Calidad del suelo

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: “COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE EL MAÍZ (ZEA MAYS L.) Y EL FRIJOL DE PALO (CAJANUS CAJAN) PARA LA CALIDAD DEL SUELO PROVENIENTE DEL BOTADERO LA CHARAPITA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN-2024”

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Unidades Dimensiones	Indicador	Tipo de variable	Instrumentos
Variable independiente Fito remediación	Capacidad natural de las plantas y el fitoplancton para eliminar contaminantes de los ecosistemas	El proceso se llevó a cabo en suelos contaminados por metales pesados, para reducir sus contaminantes.	Características morfológicas	Long. De tallo Long. raíz N° de hojas	Numérica discreta	Ficha de monitoreo
	es una medida del estado del suelo en relación con los requerimientos de una o más especies de organismos o cualquier necesidad o propósito humano. Según FAO. 2020. Valores de pH entre 5.5 y 7.5 son adecuados para la mayoría de los cultivos, ya que una mayor variedad de nutrientes sería disponibles.	Se utilizó espectrofotometría para medir de las muestras de suelo, antes y después de la intervención con el método de tratamiento de la fitorremediación.	Propiedades Físicas Propiedades Químicas Metales pesados	Textura, color, estructura, densidad aparente, densidad real, % de humedad pH, CIC Plomo y cadmio	Numérica continua	Análisis de laboratorio

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio actual pertenece a la siguiente clasificación: Es experimental con intervención del investigador. Donde el investigador realizó los análisis de las muestras de suelo antes y después, y comparó la efectividad de la fitorremediación sobre la calidad del suelo mediante el maíz (*Zea mays L.*) y frijol de palo (*Cajanus cajan*), sujeto a un procedimiento contractual para determinar la efectividad de la fitorremediación, sujeto a control de mediciones de datos reales obtenidos. Es longitudinal y analítico, ya que depende del número de mediciones de la variable de estudio tomadas en diferentes momentos y depende del número de variables analizadas. (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.1. ENFOQUE

Se consideró un enfoque cuantitativo y las estadísticas se utilizaron como herramientas para recopilar, organizar, procesar y analizar datos. Y para establecer patrones de comportamientos.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El presente estudio es de nivel explicativo ya que evaluó el efecto de una variable sobre otra. Por lo tanto, se evalúa la causalidad de la fitorremediación mediante el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita.

3.1.3. DISEÑO

El diseño del estudio es: Experimental, Prospectivo ya que se utilizaron datos de mediciones propias controladas por el investigador, además es un estudio longitudinal y analítico (Supo y Zacarías, 2020).

$$GE_1 \dots O_1 \dots X_1 \dots O_2 = VR_1$$

$$GE_2 \dots O_1 \dots X_2 \dots O_2 = VR_2$$

donde:

GE₁: grupo experimental con la planta del maíz (*Zea mays L.*)

GE₂: grupo experimental con la planta del frijol de palo (*Cajanus cajan*)

O₁: observación inicial

O₂: observación final

X₁: intervención con la planta del maíz (*Zea mays L.*)

X₂: intervención con la planta del frijol de palo (*Cajanus cajan*)

VR₁: variable de respuesta (análisis de laboratorio)

VR₂: variable de respuesta (análisis de laboratorio)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Los suelos contaminados por residuos municipales son considerados en el análisis de este estudio. Se estimó un promedio de 1000 metros cuadrados de suelo contaminado con residuos municipales del botadero La Charapita en la provincia de Tocache, Departamento de San Martín, donde se comparó la eficacia de la fitorremediación mediante la planta del maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo. (*Cajanus cajan*) Esto nos permitió restaurar la calidad del suelo por residuos municipales, lo cual es bueno para el medio ambiente y la comunidad cercana. (MINAN-2017).

Tabla 10

Coordenadas de ubicación de población de estudio

Punto de monitoreo	coordenadas UTM WGS 84-18l	
	SUR	SUR
<i>p1</i>	81211.8	762929.9
<i>p2</i>	81210.7	762930.0
<i>p3</i>	81210.1	762928.4
<i>p4</i>	81211.5	762928.5

Nota. Coordenadas del área de estudio

3.2.2. MUESTRA

para la adquisición de muestras se utilizó un muestreo no probabilístico, un tipo de muestreo por criterios. en el siguiente estudio, Se tomaron las muestras de una zona contaminada con una disposición uniforme de un cuadrado, llevando a cabo 4 puntos (1 por cada lado del cuadrado) y uno en el centro del área, lo que suma 5 puntos en total. Donde se obtuvo la muestra de prueba de 50 kg, la que fue dividida en 8 maceteros. cuatro de ellos corresponden a estudios sobre la eficacia de plantas de maíz (*Zea mays L.*) y los otros cuatro corresponden a estudios sobre la eficacia de la del frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la mejora de la calidad del suelo por el botadero la charapita. Asimismo, las características morfológicas de las plantas del maíz (*Zea mays L.*) y el frijol (*Cajanus cajan*) se evaluaron constantemente mediante guías de observación y formularios de registro. (MINAN-2017)

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las siguientes técnicas y herramientas de recopilación de datos se utilizaron para la recopilación de datos para este estudio de nivel explicativo. Estos se describen en la siguiente tabla.

Tabla 11*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

VARIABLE	INDICADORES	TECNICA	INSTRUMENTOS
Fitorremediación	Long. De tallo Long. raíz N° de hojas	Observacional	Guía de observación y ficha de registro
Calidad de suelos	Propiedades físicas • Textura • densidad aparente • densidad real • % de humedad	observacional	Guía de toma de muestra para suelo y Análisis de laboratorio
	Propiedades químicas • pH • CIC		Análisis de laboratorio
	Metales pesados • Cadmio (Cd) • Plomo (Pb)		Análisis de laboratorio

Nota. En cuanto las técnicas e instrumentos de recolección de datos se utilizó guías que ya están elaboradas y la observación se realizaron para ver las características morfológicas de las plantas del maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Cajanus cajan*) un después de la fitorremediación.

3.3.1. Para la recolección de datos Se usó la Guía de muestreo de suelos

Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM y el D. S. N° 011-2017-MINAM.

Muestreo de Comprobación de la Remediación (MC)

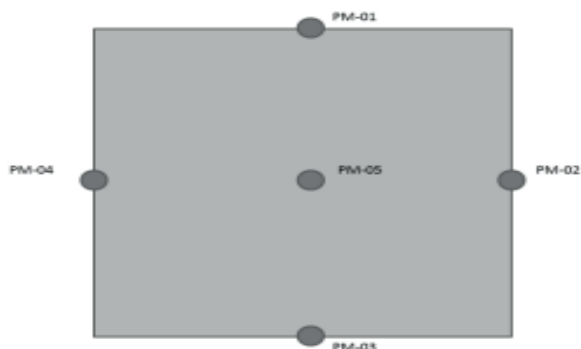
Basados en el tipo de investigación planteada y el objetivo de la investigación, se pueden demostrar estadísticamente los efectos existentes de la fitorremediación en suelos contaminados con metales pesados, para verificar si son menores o iguales a los valores establecidos en ECA Suelo. los niveles de remediación específicos se establecen con base en el estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA), según su guía correspondiente.

Para áreas de contaminación de forma regular menores a 1 000 m²

Se recolectaron las muestras de un área contaminada con una forma regular de un cuadrado, realizando 4 puntos (1 por cada lado del cuadrado) y una en el punto centro del área, que en total ocupan 5 puntos y 5 muestras.

Figura 3

Localización de puntos de muestreo en el área de excavación regular: forma de cuadrado



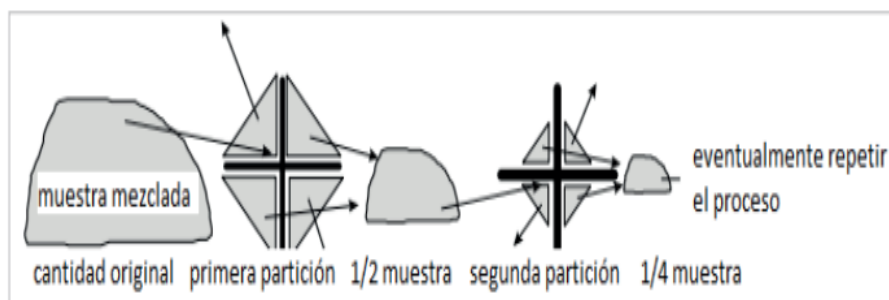
Nota. MINAN-2017

Para muestras superficiales

La calicata tuvo una profundidad de 30 cm, de tipo manual. Se utilizó este sistema por ser relativamente fácil, rápido de usar y de bajo costo, siendo poca la cantidad de suelo que se puede extraer con esta técnica, y para obtener las muestras compuestas se realizaron varios sondeos. Se utilizó la técnica de cuarteo para las muestras compuestas.

Figura 4

Técnica de cuarteo para la recolección de muestra



Nota. MINAN (2017)

Manejo de las muestras

Desde la toma de las muestras hasta la entrega al laboratorio paso por ciertas consideraciones, para mantener sus características es necesario cumplir con protocolos establecido por el laboratorio.

Materiales para guardar y transportar muestras

- Los recipientes en las que se trasladó las muestras son en bolsas de polietileno, resistentes a rupturas y con un cierre que evitaron reacciones químicas o la perdida por evaporación.
- No se utilizaron agentes o preservantes químicos, se mantuvo dentro de un cooler con una temperatura de 6°C
- El volumen del contenedor será de 1 kg, con el fin de minimizar los espacios vacíos.

Etiquetado

- Se colocaron la etiqueta en la parte frontal de la muestra de manera visible con un tamaño no mayor al recipiente, se pegaron con una cinta para evitar su perdida.
- La etiqueta de cada muestra conto con la información necesario, código de identificación, lugar y fecha, nombre del proyecto.
- Para la impresión de datos sobre la etiqueta, se utilizó tinta indeleble inmediatamente tomada la muestra.

Ficha de muestreo

Documento que recoge información levantada en campo, incluyo la técnica de muestreo, las condiciones del punto de muestreo y una descripción de las muestras tomadas.

Cadena de custodia

El contenido de la documentación de la cadena de custodia

- El número de la hoja de custodia proporcionada por el laboratorio acreditado. El nombre del proyecto y responsable del muestreo.

- Las coordenadas de identificación del lugar de muestreo (coordenadas UTM).
- La fecha y hora del muestreo.
- Nombre del laboratorio que recibe las muestras.
- Los análisis requeridos y el número de envases y sus observaciones.
- Identificación de las personas que entregan y reciben en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha y hora.
- La cadena de custodia en original y dos copias debe acompañar a las muestras desde su obtención, durante su traslado y hasta el ingreso al laboratorio.
- El laboratorio debe incluir una copia de esta cadena con los resultados del análisis, la copia debe estar firmada por todos los participantes en el proceso de muestreo y por la persona del laboratorio que recibe las muestras para su análisis. Condiciones de seguridad de las muestras
- Las muestras no tuvieron un pretratamiento in situ, ni se adicionaron reactivos o algún preservante.
- Se embalaron las muestras y se inmovilizaron para asegurar su condición en el traslado evitando deterioros.
- El contenedor de las muestras es de Tecnopor (cooler) que mantiene la temperatura y en mejor condición su almacenamiento en el transporte.
- Se trasladaron las muestras dentro de las 24 horas recomendadas como plazo máximo.
- Se utilizaron equipos de protección para la manipulación de las muestras como guantes, mascarillas, guardapolvos y zapato de seguridad para no alterar las características de estas.

3.3.2. Para la presentación de datos

Se contemplaron el empleo de tablas y gráficos y los resultados del análisis estadístico, considerando la narrativa de la redacción científica

para la interpretación de los resultados, los mismos que serán utilizados para la discusión y conclusiones del estudio

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento y análisis de la información se utilizó el software estadístico IBM SPSS, versión 26, con el cual se pudo presentar cuadros estadístico y tablas, se realizó el procedimiento estadístico para la contratación de la hipótesis. Asimismo, se realizó la presentación descriptiva de los datos mediante las medidas de tendencia central y medidas de dispersión. ya que esa es la intención analítica del presente estudio.

Para el análisis de estudio, se realizó el uso de la hermenéutica, con lo que se logró la interpretación de los datos obtenidos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCEDIMIENTOS DE DATOS

Tabla 12

*Comparación de las propiedades químicas del suelo inicial y final de la fitorremediación mediante el maíz (*Zea mays* L.) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*).*

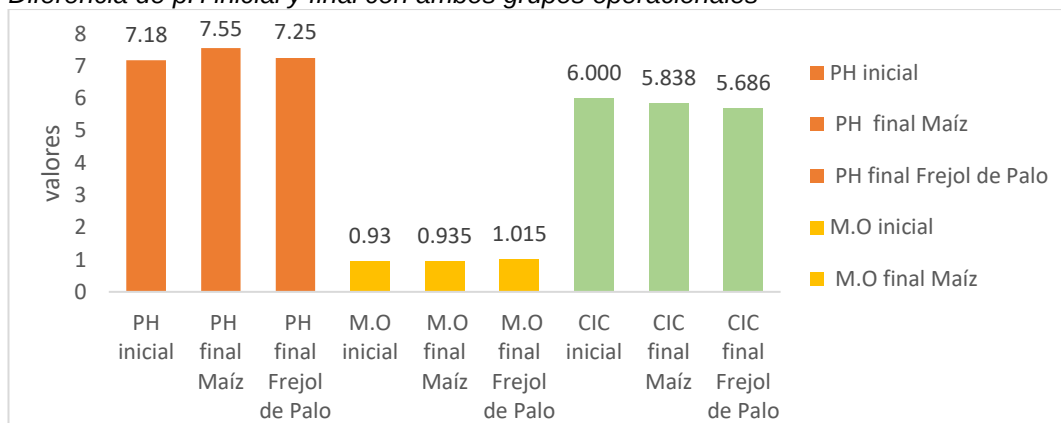
Medición	Grupo	Total de Muestra	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
PH- inicial		1	7.1800	0.0000	7.1800	7.1800
PH-final	Maíz	4	7.5500	0.0147	7.5032	7.5968
	Frejol de Palo	4	7.2500	0.0216	7.1813	7.3187
M.O- inicial		1	0.9300	0.0000	0.9300	0.9300
M.O-final	Maíz	4	0.9350	0.0065	0.9145	0.9555
	Frejol de Palo	4	1.0150	0.0194	0.9534	1.0766
CIC- inicial		1	6.0000	0.0000	6.0000	6.0000
CIC-final	Maíz	4	5.8375	0.3294	4.7892	6.8858
	Frejol de Palo	4	5.6860	0.2950	4.7472	6.6248

Nota. Resultado de laboratorio de la UNAS

En la tabla 12 se describe que el grupo de estudio correspondiente al maíz ocasiono una variación mayor en el PH que la que ocasiono el frejol de palo. En la materia orgánica hubo un incremento en el estudio correspondiente al frejol de palo asimismo en CIC ocasiono una disminución en el grupo de estudio del frejol de palo y del maíz.

Figura 5

Diferencia de pH inicial y final con ambos grupos operacionales



Nota. Resultado de laboratorio de la UNAS

En la figura 5 se describe que el grupo de estudio correspondiente al maíz ocasiono una variación mayor en el PH que la que ocasiono el frejol de palo. En la materia orgánica hubo un incremento en el estudio correspondiente al frejol de palo asimismo en CIC ocasiono una disminución en el grupo de estudio del frejol de palo y del maíz.

Tabla 13

*Comparación de las propiedades físicas del suelo inicial y final de la fitorremediación mediante el maíz (*Zea mays* L.) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) proveniente del botadero la Charapita*

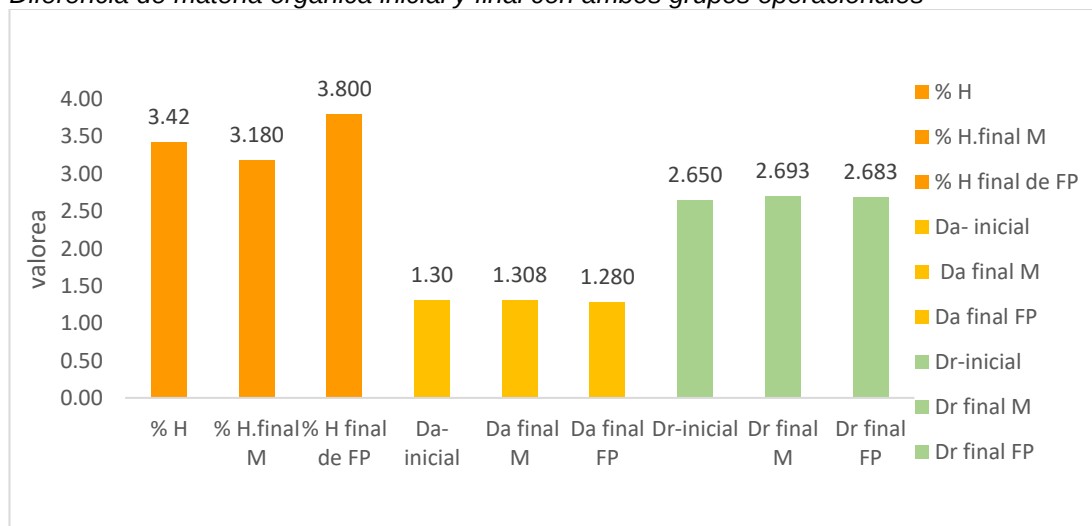
Medición	Grupo	Total de Muestra	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
% H - inicial		1	3.42	0.000	3.420	3.420
% H-final	Maíz	4	3.180	0.140	2.734	3.626
	Frejol de Palo	4	3.800	0.563	2.008	5.592
Da- inicial		1	1.30	0.00	1.30	1.30
Da-final	Maíz	4	1.308	0.384	1.185	1.430
	Frejol de Palo	4	1.280	0.023	1.205	1.355
Dr- inicial		1	2.650	0.000	2.650	2.650
Dr-final	Maíz	4	2.693	0.010	2.660	2.725
	Frejol de Palo	4	2.683	0.293	2.589	2.776

Nota. Resultado de laboratorio de la UNAS

En la tabla 13 se describe que el grupo de estudio correspondiente al frejol de palo ocasiono una variación mayor en el % de humedad. En la densidad aparente se observa una disminución menor en el frejol de palo asimismo en la densidad real ocasiono un incremento en el grupo de estudio el maíz.

Figura 6

Diferencia de materia orgánica inicial y final con ambos grupos operacionales



Nota. Resultado de laboratorio de la UNAS

En la figura 6 se describe que el grupo de estudio correspondiente al frejol de palo ocasiono una variación mayor en el % de humedad. En la densidad aparente se observa una disminución menor en el frejol de palo asimismo en la densidad real ocasiono un incremento en el grupo de estudio el maíz.

Tabla 14

Comparación de los metales pesados (cadmio y plomo) del suelo inicial y final de la fitorremediación mediante el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan) proveniente del botadero la Charapita.

Medición	Grupo	Total de Muestra	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
Cd inicial		1	0.188	0.000	0.188	0.188
Cd-final	Maíz	4	0.090	0.008	0.065	0.115
	Frejol de Palo	4	0.126	0.003	0.115	0.137
Pb- inicial		1	12.99	0.00	12.99	12.99
Pb-final	Maíz	4	3.961	0.099	3.644	4.277
	Frejol de Palo	4	9.409	0.461	7.940	10.877

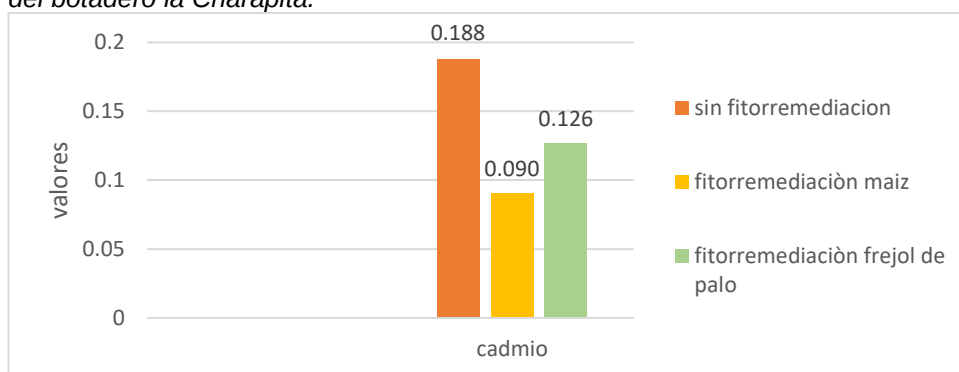
Nota. Resultado de laboratorio de la UNAS

En la tabla 14 se describe que el grupo de estudio correspondiente al maíz ocasiono disminución en la remoción del cadmio con un porcentaje 0.098 ppm y con el frejol palo 0.062 ppm.

Asimismo, el grupo de estudio correspondiente al maíz ocasiono disminución en la remoción del plomo con un porcentaje 9.029 ppm y con el frejol palo 3.581ppm de plomo, encontrándose más variación de remoción con la planta del maíz.

Figura 7

Porcentaje de presencia de metales pesados (cadmio) del suelo inicio y final de la fitorremediación mediante el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan) proveniente del botadero la Charapita.

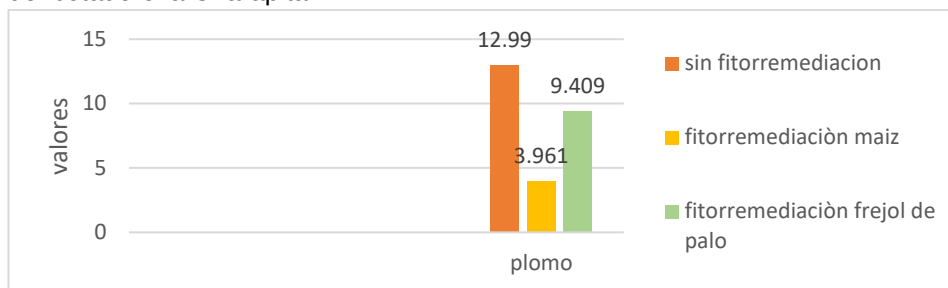


Nota. Resultado de laboratorio de la UNAS

En la figura 7 se describe que el grupo de estudio correspondiente al maíz ocasiono disminución en la remoción del cadmio con un porcentaje 0.098 ppm y con el frejol palo 0.062 ppm encontrándose más remoción con la planta el maíz.

Figura 8

Porcentaje de presencia de metales pesados (plomo) del suelo inicio y final de la fitorremediación mediante el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) proveniente del botadero la Charapita.



Nota. Resultado de laboratorio de la UNAS

En la Figura 8 se describe el grupo de estudio correspondiente al maíz ocasiono disminución en la remoción del plomo con un porcentaje 9.029 ppm y con el frijol palo 3.581 ppm de plomo, encontrándose más variación de remoción con la planta del maíz.

Tabla 15

Características morfológicas de las dos plantas después de la fitorremediación de los suelos contaminados por (plomo y cadmio)

plantas de fitorremediación		hojas	tallo	raíz
		media	media	media
maíz (<i>Zea mays L.</i>)	planta 1	4.5	12.5	11.25
	Planta 2	3.5	10.5	11.75
frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>)	planta 1	14	31.5	7.5
	planta 2	13.25	29.5	8.5

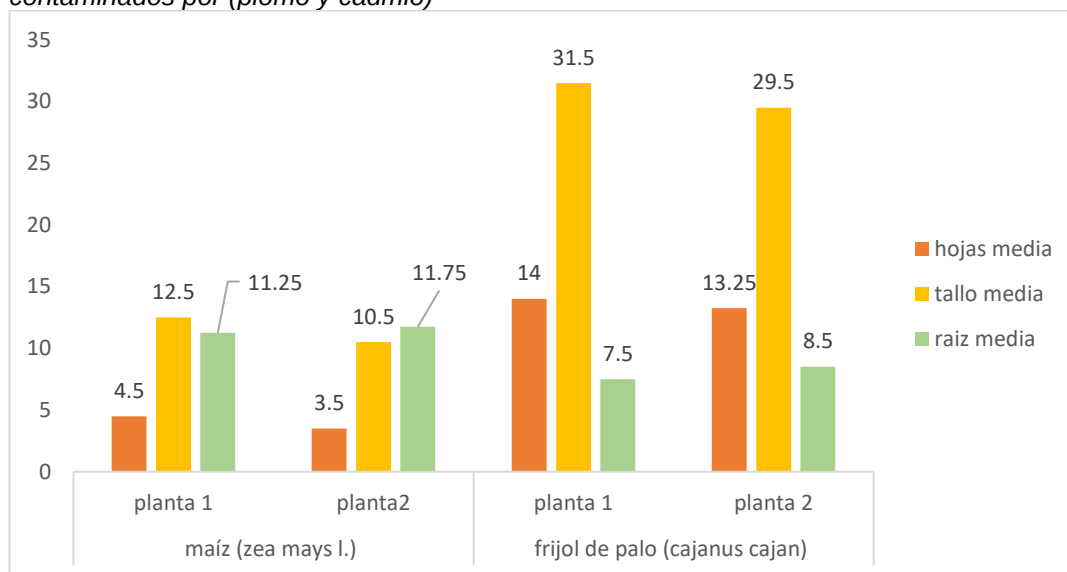
Características morfológicas de las dos plantas después de la fitorremediación de los suelos contaminados por (plomo y cadmio)

Nota. Datos obtenidos durante la fitorremediación

En la tabla 15 se describe las características morfológicas de las dos plantas de fitorremediación siendo que la planta del frijol de palo se ha desarrollado con mayor facilidad durante los cien días donde se observa la mayor media en la planta 1 con 14 hojas ,31.5 cm de longitud de tallo y la planta 2 del maíz se ha desarrollado con mayor media la parte de la raíz con 11.75 cm de longitud.

Figura 9

Características morfológicas de las dos plantas después de la fitorremediación de los suelos contaminados por (plomo y cadmio)



Nota. Resultado de laboratorio de la UNAS

En la figura 9 se describe las características morfológicas de las dos plantas de fitorremediación siendo que la planta del frejol de palo se ha desarrollado con mayor facilidad durante los cien días donde se observa la mayor media en la planta 1 con 14 hojas ,31.5 cm de longitud de tallo y la planta 2 del maíz se ha desarrollado con mayor media la parte de la raíz con 11.75 cm de longitud.

4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL

Tabla 16

Comparación de medias de las propiedades químicas del suelo al inicio y final de la fitorremediación mediante el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan) proveniente del botadero la Charapita

		prueba t para la igualdad de medias			
		t	gl	sig.(bilateral)	diferencia de medias
PH	se asumen varianzas iguales	11.48	6	0.00	0.30
CIC	se asumen varianzas iguales	0.343	6	0.744	0.1515
Materia orgánica	se asumen varianzas iguales	-3.919	6	0.008	-0.08
%humedad	se asumen varianzas iguales	-1.069	6	0.326	-0.62
densidad real	se asumen varianzas iguales	0.322	6	0.758	0.01
densidad aparente	se asumen varianzas iguales	0.611	6	0.563	0.0275

Nota. Resultado de laboratorio de la UNAS

En la tabla 16 aplicando la comparación de medias de t de student se observa que no hay significancia con un p-valor >0.05 en la propiedades fisicoquímico (CIC, %humedad, densidad real y densidad aparente) asimismo se observa el pH con una significancia con p-valor $< 0,05$ (0,000) y la materia orgánica con una significancia de 0.008 ppm .

Tabla 17

Comparación de medias de los metales pesados del suelo al inicio y final de la fitorremediación mediante el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan) proveniente del botadero la Charapita

		prueba t para la igualdad de medias			
		t	gl	sig.(bilateral)	diferencia de medias
cadmio	se asumen varianzas iguales	-4.255	6.000	0.000	-0.036
plomo	se asumen varianzas iguales	-11.543	6.000	0.000	-5.448

Nota. Resultado de laboratorio de la UNAS

En la tabla 17 aplicando la comparación de medias de t de student se observa la significancia con un p-valor $< 0,05$ (0,000) en plomo y cadmio en la mejora de la calidad dl suelo contaminado. siendo que las dos plantas fueron efectivos en los cambios de las repeticiones realizadas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Del presente estudio se concluye en base a los objetivos planteados en la investigación:

- **Con respecto al objetivo general;** se determinó la comparación de la eficiencia de la fitorremediación mediante el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita, donde el porcentaje de presencia de metales pesados como el plomo se obtuvo 12.99 ppm en la muestra inicial y en la muestra final se obtuvo 3.961 ppm y en el cadmio se obtuvo en la muestra inicial 0.1880 ppm y en la muestra final se obtuvo 0.090 ppm con la planta del maíz (*Zea mays L.*). Además, con la planta del frijol de palo demuestran también una reducción de plomo 12.99 ppm en la muestra inicial y en la muestra final 9.409 ppm y en el cadmio se obtuvo 0.188 ppm en la muestra inicial y en la muestra final 0.126 ppm. encontrando más variación con la planta el maíz.
- **Con respecto al objetivo específico 1;** aplicando la comparación de medias de t de student se observa que no hay significancia con un p-valor >0.05 en las propiedades físicas (%humedad, densidad real y densidad aparente). por tal las dos plantas no han afectado los valores según las repeticiones realizadas.
- **Con respecto al objetivo específico 2;** aplicando la comparación de medias de t de student se observa que no hay significancia con un p-valor >0.05 en las propiedades químico intercambio catiónico (CIC) asimismo se observa el pH con una significancia con p-valor $< 0,05$ (0,000) y la materia orgánica con una significancia de 0.008 ppm.
- **Con respecto al objetivo específico 3;** Al comparar las medias de t de student, se nota una significancia con un p-valor $< 0,05$ (0,000) en plomo y cadmio para mejorar la calidad del suelo contaminante del botadero la Charapita. Ya que las dos plantas resultaron eficaces en las modificaciones de las repeticiones efectuadas.

- **Con respecto al objetivo específico 4;** aplicando la comparación de medias las características morfológicas de las dos plantas de fitorremediación siendo que la planta del frejol de palo se ha desarrollado con mayor facilidad durante los cien días donde se observa la mayor media en la planta 1 con 14 hojas ,31.5 cm de longitud de tallo y la planta 2 del maíz se ha desarrollado con mayor media la parte de la raíz con 11.75 cm de longitud.

DISCUSIÓN DE RESULTADO

Con respecto al objetivo general: Comparar la eficacia de la fitorremediación mediante el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita; los datos obtenidos demuestran de manera significativa la remoción de metales pesados en las muestras de la población estudiada, esto se atribuye a la fitorremediación por Fito estabilización del maíz y frijol de palo.

Los resultados demuestran la reducción de plomo 12.99 ppm en la muestra inicial y en la muestra final se obtuvo 3.961 ppm y en el cadmio se obtuvo en la muestra inicial 0.1880 ppm y en la muestra final se obtuvo 0.090 ppm con la planta del maíz (*Zea mays L.*) siendo capaz de fitorremediar.

Además, con la planta del frijol de palo demuestran también una reducción de plomo 12.99 ppm en la muestra inicial y en la muestra final 9.409 y en el cadmio se obtuvo 0.188 ppm en la muestra inicial y en la muestra final 0.126 estos resultados están ligados a la capacidad fitorremediadora por Fito estabilización tal como Chamorro & Chinchay (2020) en su tesis titulada: "Fitorremediación de suelos contaminados por metales (Plomo y Cadmio) mediante planta nativa Maíz "*Zea mays L.*" en la minería", donde los resultados fueron analizar la capacidad fitorremediadora de la planta de maíz donde acumula mayor cantidad de plomo en las raíces, hojas y tallos, indicando que el Maíz es una planta estabilizadora más eficiente para este metal. Al ser esta planta muy eficiente 23 absorbiendo Plomo ayudará en gran manera a los suelos contaminados de la minería por este metal y de la misma manera ayudará a que la salud de las personas aledañas a la minería no se vea afectada. Y del mismo modo Julca (2022) en su tesis titulada: "Capacidad Fitorremediadora Del Maíz Y El Girasol En Suelos Contaminados Del Botadero Municipal De Lucma", Universidad privada del norte , Trujillo - Perú. Demuestra en su resultado que obtuvo : estadísticamente si existe remoción 22 significativa de estos metales habiendo aplicado la fitorremediación, debido a que los valores de p-valúe determinados para estos metales son menores

que el nivel de significancia de 0.05, asimismo se obtuvieron los porcentajes de remoción para el Plomo son de 41.51%, 43.47% y 44.44%; para el Arsénico son de 49.96%, 49.23% y 50.39%; para el Mercurio son de 50.26%, 59.38% y 62.68%, y para el Cadmio son de 76.41%, 61.62% y 64.66%, en los estratos bajo, medio y alto respectivamente. Asimismo, se realizó la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), antes y después de la aplicación de la fitorremediación. En conclusión, el maíz y el girasol son agentes fitorremediadores eficaces, ya que remueven significativamente los metales pesados del suelo.

Con respecto al objetivo específico 1; Evaluar las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*). El tipo textural del suelo del botadero la Charapita antes de la fitorremediación era franco arenoso y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) llegó a ser franco arcilloso arenoso, donde resalta Rucks & García (2004) el estado físico del suelo determina la dureza y la capacidad de carga del suelo, la penetración de las raíces, la aireación, el drenaje y la capacidad de almacenamiento de agua, la plasticidad y la capacidad de retención de nutrientes.

Con respecto al objetivo específico 2; Evaluar las características morfológicas de la planta del maíz (*Zea mays L.*) y del frijol de palo (*Cajanus cajan*) después de la fitorremediación donde se observó la planta del frijol de palo se ha desarrollado con mayor facilidad durante los cien días donde se observa la mayor media en la planta 1 con 14 hojas, 31.5 cm de longitud de tallo y la planta 2 del maíz se ha desarrollado con mayor media la parte de la raíz con 11.75 cm de longitud.

Con respecto al objetivo específico 3; Evaluar la presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*). En base en los resultados obtenidos la reducción del plomo (pb) y del cadmio (cd) con la planta del maíz (*Zea mays L.*) tuvo mejor desempeño que la planta frijol de palo (*Cajanus*

cajan) sin embargo ambas plantas son eficaces para fitorremediar metales pesados .

Con respecto al objetivo específico 4; Evaluar las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*). los resultados demuestran un pH inicial 7.18 ligeramente alcalino pasando a un pH 7.55 moderadamente alcalino con la planta del maíz (*Zea mays L.*) y un pH de 7.25 ligeramente alcalino frijol de palo (*Cajanus cajan*) donde tiende a incrementar la alcalinidad, de acuerdo con Aguilar (2019) en su tesis titulada: “Remoción de CD, CR ZN y PH mediante sistema batch con presencia *Cajanus cajan* (L.) Huth (frijol palo) a nivel de laboratorio, Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva. la presente investigación Se determinó la remoción del Cr, Cd, Pb, Zn en un sistema batch con *Cajanus cajan* (L.) Huth en tres disoluciones a 25%, 50%, 75% v/v de lixiviado y un testigo en el lixiviado de botadero municipal. Donde También se observó la variación de temperatura, pH, oxígeno disuelto que influenciaron en los tratamientos. Asimismo, la materia orgánica inicial fue de 0.93 % siendo bajo para suelos agrícolas y como resultado final con la planta del maíz (*Zea mays L.*) se obtuvo 0.94% y con el frijol de palo (*Cajanus cajan*) se obtuvo 1.0150 % ascendiendo las estadísticas.

RECOMENDACIONES

- Analizar las diversas especies vegetales que crecen en el botadero “la Charapita” , dado que pueden tener habilidad para fitorremediar.
- Llevar a cabo la investigación microbiológica del terreno del botadero “la Charapita”.
- Se recomienda llevar a cabo la investigación durante un periodo más extenso, al igual que los estudios de otros metales pesados, utilizando calicatas más detalladas.
- para futuros estudios, es necesario examinar las raíces, tallos y hojas de las dos plantas maíz (*Zea mays L.*) y el frijol de palo (*Cajanus cajan*) con el fin de establecer su capacidad fitoacumuladora.
- Se recomienda a las autoridades pertinentes participar en proyectos de investigación de este tipo, promover la recuperación de áreas contaminadas.
- Se aconseja llevar a cabo una descripción de la condición actual del botadero “la Charapita”, teniendo en cuenta la línea de base social, ambiental, su composición física, química y biológica del suelo.
- Se recomienda a la autoridad pertinente sensibilizar a la población sobre el tema segregación de residuos solidos
- Se recomienda a las autoridades pertinentes disponer los residuos solidos en un relleno sanitario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, H. (2019). Remoción de CD, CR ZN y PH mediante sistema batch con presencia *Cajanus cajan* (L.) Huth (frijol palo) a nivel de laboratorio [Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1628>
- Cedano J. & Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (República Dominicana). (2006). Guía técnica cultivo de guandul. CEDAF.
- Chamorro, K., Chinchay, M. (2020). Fitorremediación de suelos contaminados por metales (Plomo y Cadmio) mediante planta nativa Maiz “*Zea mays. L*” en la minería [Trabajo de investigación, Universidad Peruana Unión]. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3195>
- Delgadillo-López, A., González-Ramírez, C., Prieto-García, F., VillagómezIbarra, J., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 16.
- Díaz, B. (2019). Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero Municipal del Distrito de San Pablo - 2018 [, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/31560>
- Fertilab. (2019). Propiedades fisicoquímicas del suelo y el crecimiento de las plantas. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NTF-19-012-%20Propiedades-fisicoquimicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las%20plantas.pdf>
- García, Y., Ramírez, w., & Sánchez, s. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, VOL 35(2), 125–138.<http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n2/pyf01212.pdf>
- Heredia, U. C. (2000). Los Hidrocarburos. Borja: Ministerio De Educación.
- INIA. (2013). El suelo. Un recurso natural a cuidar. 2.

- INTAGRI S.C. (2018). disponibilidad de nutrimentos y el PH del suelo. serie nutrición veetl.num.113.articulos técnicos de INTAGRI.mexico.4p.<https://www.intagri.com/articulos/nutricion vegetal/disponibilidad-de-nutrimentos-y-el-ph-del-suelo>
- Jiménez Ballesta, R., & González-Quiñones, V. (2006). La Calidad De Suelos Como Medida Para Su Conservación. Edafología, Vol. 13. (PP. 125-138). <http://edafologia.ugr.es/revista/tomo13c/articulo125.pdf>
- Julca, J. (2022). Capacidad fitorremediadora del maíz y el girasol en suelos contaminados del botadero municipal de Lucma [Tesis, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/31486>
- López Oliva, J. D., & Contreras Gómez, E. (2017). Estudio de factibilidad del uso de la fitorremediación como alternativa para la remoción de metales pesados en el suelo usado como botadero a cielo abierto en Utopía-Yopal. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/716
- Lur Epelde, C. G., & Becerril, J. M. (2008). El Ecologista (57a ed.).
- MINAN (2013). Aprueban Guía Para El Muestreo De Suelos Y Guía Para La Elaboración De Planes De Descontaminación De Suelos.https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/compendio_05_-_calidad_ambiental_2.pdf
- MINAN. (2018). Línea De Base De La Diversidad Genética Del Maíz Peruano Con Fines De Bioseguridad. <https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/Linea-de-base-ma%C3%ADz-LowRes.pdf>
- MINSA (2004) Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos .<http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1650.pdf>

- Moreno, C. , González, M., Egido, J., (2015). Influencia Del Manejo Sobre La Calidad Del Suelo. Ecuador Es Calidad: Revista Científica Ecuatoriana, 2(1). <https://doi.org/10.36331/revista.v2i1.8>
- Navarrete Segueda, A., Vela Correa, G., L´opez Blanco, J., & Rodríguez Gamíñ, L. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. 29–37.<http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n80ne/suelo.pdf>
- Pilco, N. (2021). Determinación de la influencia de los lixiviados en la concentración de metales pesados del suelo del botadero municipal de Moyobamba, 2020 [Tesis, Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial]. <http://hdl.handle.net/11458/4040>
- Poma, A., Quiñonez, C. (2022). Efecto de enmiendas orgánicas en la fitorremediación con Zea mays l. en un suelo contaminado con cadmio. Leonor Ordoñez, Jauja – 2021. [Tesis, Universidad continental].https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11108/1/IV_FIN_107_TE_Poma_Qui%C3%B1onez_2022.pdf
- Queupuan, M.(2017). evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de atriplex halimus l. [universidad de chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152823>
- Ramírez, R. (1997). Propiedades Físicas Químicas Y Biológicas De Los Suelos. (Primera Edición, Pag.24)Produmedios.
- Ríos, A. (2017). Comparación de las eficiencias fitorremediadoras de las especies Lolium Perenne, Pelargonium Hortorum y Fuestesimalva Echinata en la reducción de la concentración de plomo en suelos agrícolas del distrito de Huamantanga, 2017.
- Rios, A., Sánchez, B. (2022). Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021 [, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/89237>

- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce De León, J. & Hill, M. (2004).
Propiedades Físicas Del Suelo. Facultad De Agronomía Universidad
De La República.
<https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Suárez,R.(2021). fitorremediación: una alternativa para reducir la
contaminación por hidrocarburos de petróleo en Ecuador-2021, [
Universidad Estatal Península de Santa Elena].
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6301>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- Cardenas Ramos, R. W. (2025). *Comparación de la eficacia de la fitorremediación mediante el maíz (Zea mays L.) y el frijol de palo (Cajanus cajan) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita del distrito y provincia de Tocache, departamento de San Martín-2024*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://..>

ANEXO

ANEXOS 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables / Indicadores	Metodología
¿Cuál es la eficacia de la fitorremediación mediante el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita Del Distrito Y Provincia De Tocache, Departamento De San Martin-2024?	Comparar la eficacia de la fitorremediación mediante el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>) para la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita Del Distrito Y Provincia De Tocache, Departamento De San Martin-2024.	Hi: la eficacia de la fitorremediación mediante el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>) mejora la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita Del Distrito Y Provincia De Tocache, Departamento De San Martin-2024.	Independiente: Fitorremediación • el maíz (<i>Zea mays</i> L.) • el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>)	Tipo: Experimental, Prospectivo, Longitudinal, Analítico.
Problema específico	Objetivo específico			
¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>)?	Evaluar las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>)		Dependiente: Calidad del suelo.	Nivel: explicativo.
¿Cuáles son las propiedades biológicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>)?	Evaluar las propiedades biológicas del suelo antes y después de fitorremediación con el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>)		Propiedades físicas: • Densidad aparente. • Densidad real. • Textura. • % de humedad • estructura	Diseño: completamente al azar,
¿Cuál es el porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>)?	Evaluar la presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>)		Propiedades químicas: • pH y CIC	Población: 1000 m2 de terreno
¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>)?	Evaluar las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>)	H ₀ : la eficacia de la fitorremediación mediante el maíz (<i>Zea mays</i> L.) y el frijol de palo (<i>Cajanus cajan</i>) no mejora la calidad del suelo proveniente del botadero la Charapita Del Distrito Y Provincia De Tocache, Departamento De San Martin-2024.	Metales pesados: • plomo y cadmio	Muestra: 50 kg de suelo contaminado

ANEXOS 2

PLANO DE UBICACIÓN

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN PROVINCIAL

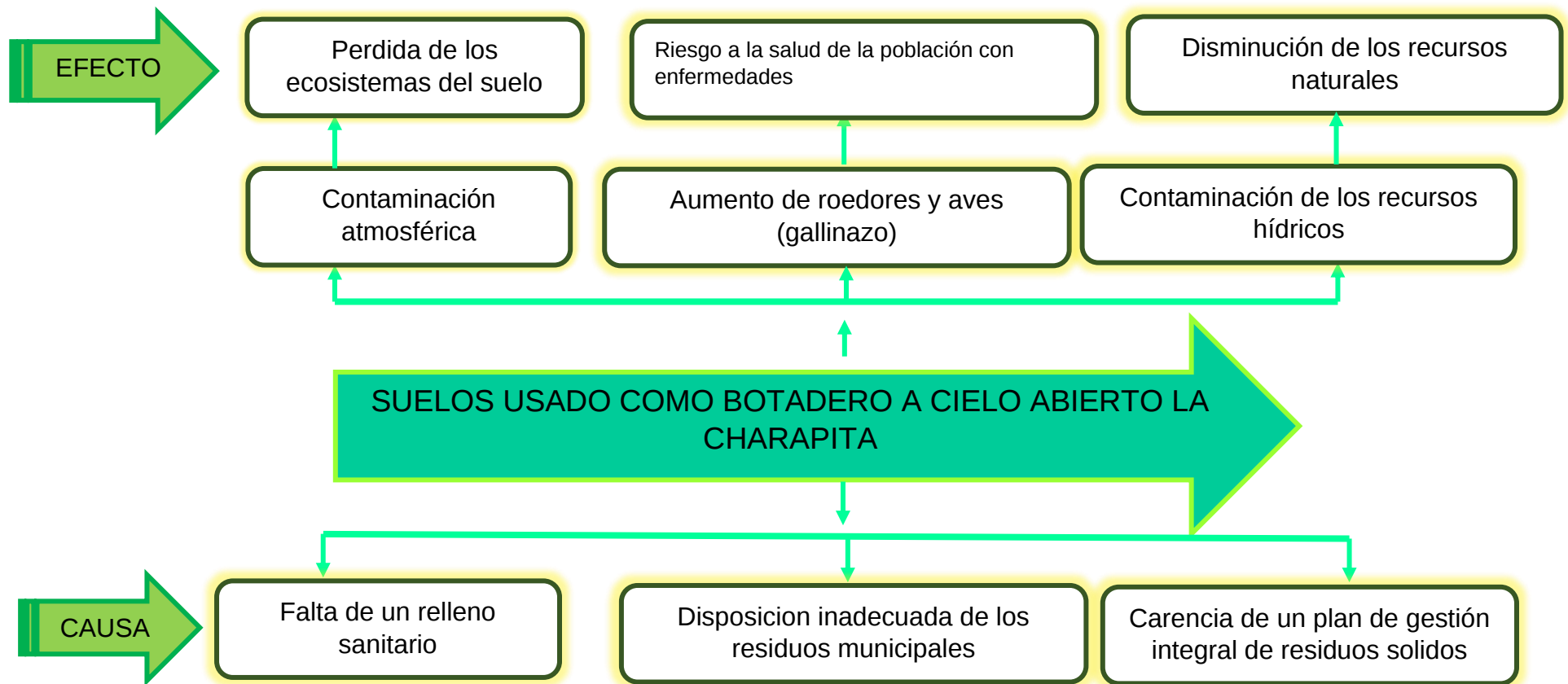


PUNTOS DE MONITOREO	COORDENADAS UTM WGS 84-18L	
	SUR	OESTE
P1	81211.8	762929.9
P2	81210.7	762930.0
P3	81210.1	762928.4
P4	81211.5	762928.5

		UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERÍA E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
Proyecto:		COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE EL MAÍZ (Zea mays) y el FRUJO DE PALO (cajanus cajan) PARA LA CALIDAD DEL SUELO PROVENIENTE DEL BOTADERO LA CHARAPITA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN-2023			
MAPA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN					
Tesista:	Bach. RUDY WILSON CARDENAS RAMOS			Lámina: 01	
Asesor:	MSc. JOEL GAMEZ PENADILLO				
Escala:	1: 2 000				
Fuente:	GEO GPS				

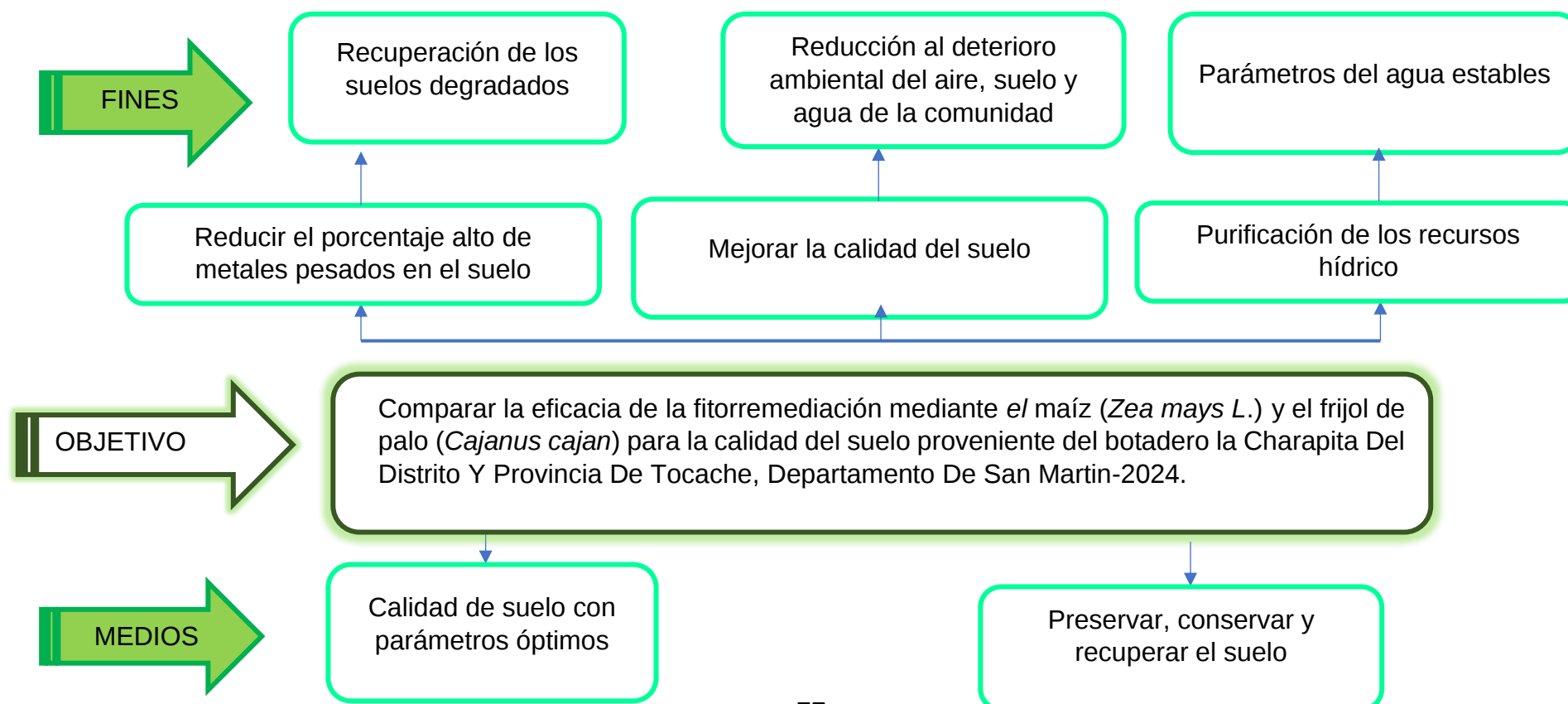
ANEXOS 3

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO



ANEXOS 4

DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXOS 5

FICHAS DE CAMPO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS MORFOLÓGICOS DE (FRIJOL DE PALO (*cajanus cajan*))

Macetero N°01		
Final	FRIJOL DE PALO (<i>cajanus cajan</i>)	
Día :	Planta 1	Planta 2
N: de hojas	17	12
Long. Tallo	0.31 cm	0.28 cm
Long. Raíz	0.08 cm	0.10 cm
Tratamiento N°01		

Macetero N°02		
Final	FRIJOL DE PALO (<i>cajanus cajan</i>)	
Día : 100	Planta 1	Planta 2
N: de hojas	18	16
Long. Tallo	0.32 cm	0.29 cm
Long. Raíz	0.08 cm	0.06 cm
Tratamiento N°02		

Macetero N°03		
Final	FRIJOL DE PALO (<i>cajanus cajan</i>)	
Día :	Planta 1	Planta 2
N: de hojas	9	9
Long. Tallo	0.30 cm	0.29 cm
Long. Raíz	0.05 cm	0.06 cm
Tratamiento N°03		

Macetero N°04		
Final	FRIJOL DE PALO (<i>cajanus cajan</i>)	
Día :	Planta 1	Planta 2
N: de hojas	12	16
Long. Tallo	0.33 cm	0.32 cm
Long. Raíz	0.09 cm	0.12 cm
Tratamiento N°04		

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS MORFOLÓGICOS DE
(MAÍZ (Zea mays))**

Macetero N°01		
Final	MAÍZ (Zea mays)	
Día :	Planta 1	Planta 2
N: de hojas	3	4
Long. Tallo	0.15 cm	0.09 cm
Long. Raíz	0.06 cm	0.08 cm
Tratamiento N°01		

Macetero N°02		
Final	MAÍZ (Zea mays)	
Día :	Planta 1	Planta 2
N: de hojas	4	3
Long. Tallo	0.18 cm	0.12 cm
Long. Raíz	0.08 cm	0.11 cm
Tratamiento N°02		

Macetero N°03		
Final	MAÍZ (Zea mays)	
Día :	Planta 1	Planta 2
N: de hojas	5	3
Long. Tallo	0.11 cm	0.09 cm
Long. Raíz	0.14 cm	0.10 cm
Tratamiento N°03		

Macetero N°04		
Final	MAÍZ (Zea mays)	
Día :	Planta 1	Planta 2
N: de hojas	6	4
Long. Tallo	0.09 cm	0.12 cm
Long. Raíz	0.12 cm	0.18 cm
Tratamiento N°04		

ANEXOS 6

FICHA DE CAMPO

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 01		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 07		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 03/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	20.2 °C	70%	FECHA: 09/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	23.1 °C	68%
	TARDE: 2:00 PM	29.3 °C	43%		TARDE: 2:00 PM	28.7 °C	44%
	Noche: 8:00 pm	23.8 °C	53%		Noche: 8:00 pm	22.7 °C	56%
DÍA: 02		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 08		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 04/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	20.5 °C	71%	FECHA: 10/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	20.6 °C	68%
	TARDE: 2:00 PM	29.5 °C	48%		TARDE: 2:00 PM	29.4 °C	42%
	Noche: 8:00 pm	22.4 °C	51%		Noche: 8:00 pm	23.8 °C	57%
DÍA: 03		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 09		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 05/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	20.5 °C	72%	FECHA: 11/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	20.0 °C	73%
	TARDE: 2:00 PM	30.3 °C	45%		TARDE: 2:00 PM	28.5 °C	45%
	Noche: 8:00 pm	21.1 °C	50%		Noche: 8:00 pm	22.1 °C	56%
DÍA: 04		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 10		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 06/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	19.8 °C	69%	FECHA: 12/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	21.7 °C	70%
	TARDE: 2:00 PM	30.0 °C	45%		TARDE: 2:00 PM	28.2 °C	42%
	Noche: 8:00 pm	24.3 °C	52%		Noche: 8:00 pm	23.7 °C	56%
DÍA: 05		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 11		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 07/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	24.7 °C	69%	FECHA: 13/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	21.5 °C	65%
	TARDE: 2:00 PM	30.3 °C	45%		TARDE: 2:00 PM	28.9 °C	39%
	Noche: 8:00 pm	25.01 °C	56%		Noche: 8:00 pm	23.0 °C	58%
DÍA: 06		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 12		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 08/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	23.3 °C	68%	FECHA: 14/ 06/ 2024	MAÑANA 8:00 AM	23.2 °C	68%
	TARDE: 2:00 PM	29.8 °C	45%		TARDE: 2:00 PM	28.7 °C	44%
	Noche: 8:00 pm	25.01 °C	55%		Noche: 8:00 pm	22.2 °C	58%

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 25		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 31		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 27/06/2024	MAÑANA 8:00 AM	17.6 °C	62 %	FECHA: 03/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.2 °C	65 %
	TARDE: 2:00 PM	29.7 °C	38 %		TARDE: 2:00 PM	27.4 °C	35 %
	Noche: 8:00 pm	23.0 °C	53 %		Noche: 8:00 pm	23.5 °C	53 %
DÍA: 26		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 32		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 28/06/2024	MAÑANA 8:00 AM	18.01 °C	64 %	FECHA: 04/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	23.6 °C	58 %
	TARDE: 2:00 PM	25.3 °C	43 %		TARDE: 2:00 PM	25.9 °C	43 %
	Noche: 8:00 pm	23.0 °C	46 %		Noche: 8:00 pm	24.2 °C	56 %
DÍA: 27		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 33		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 29/06/2024	MAÑANA 8:00 AM	18.2 °C	63 %	FECHA: 05/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.6 °C	71 %
	TARDE: 2:00 PM	30.1 °C	35 %		TARDE: 2:00 PM	29.7 °C	42 %
	Noche: 8:00 pm	22.3 °C	45 %		Noche: 8:00 pm	24.2 °C	56 %
DÍA: 28		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 34		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 30/06/2024	MAÑANA 8:00 AM	17.1 °C	60 %	FECHA: 06/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.5 °C	70 %
	TARDE: 2:00 PM	28.5 °C	30 %		TARDE: 2:00 PM	30.1 °C	42 %
	Noche: 8:00 pm	21.3 °C	44 %		Noche: 8:00 pm	23.1 °C	55 %
DÍA: 29		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 35		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 01/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.1 °C	60 %	FECHA: 07/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.4 °C	71 %
	TARDE: 2:00 PM	27.5 °C	40 %		TARDE: 2:00 PM	35.1 °C	42 %
	Noche: 8:00 pm	25.0 °C	35 %		Noche: 8:00 pm	24.7 °C	54 %
DÍA: 30		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 36		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 02/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.0 °C	60 %	FECHA: 08/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.9 °C	66 %
	TARDE: 2:00 PM	27.5 °C	40 %		TARDE: 2:00 PM	24.5 °C	43 %
	Noche: 8:00 pm	22.3 °C	53 %		Noche: 8:00 pm	24.7 °C	54 %

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 37		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 43		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 09/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	23.6 °C	61%	FECHA: 15/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.2 °C	76%
	TARDE: 2:00 PM	32.8 °C	35%		TARDE: 2:00 PM	24.2 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	26.0 °C	50%		Noche: 8:00 pm	24.2 °C	53%
DÍA: 38		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 44		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 10/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.4 °C	60%	FECHA: 16/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	23.1 °C	61%
	TARDE: 2:00 PM	32.1 °C	44%		TARDE: 2:00 PM	33.2 °C	45%
	Noche: 8:00 pm	26.2 °C	54%		Noche: 8:00 pm	25.3 °C	57%
DÍA: 39		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 45		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 11/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	23.1 °C	60%	FECHA: 17/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.5 °C	63%
	TARDE: 2:00 PM	31.3 °C	43%		TARDE: 2:00 PM	30.6 °C	40%
	Noche: 8:00 pm	25.9 °C	51%		Noche: 8:00 pm	24.1 °C	54%
DÍA: 40		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 46		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 12/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.2 °C	61%	FECHA: 18/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	23.6 °C	61%
	TARDE: 2:00 PM	31.3 °C	46%		TARDE: 2:00 PM	31.2 °C	42%
	Noche: 8:00 pm	24.7 °C	54%		Noche: 8:00 pm	24.9 °C	51%
DÍA: 41		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 47		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 13/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.4 °C	66%	FECHA: 19/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.5 °C	65%
	TARDE: 2:00 PM	22.6 °C	45%		TARDE: 2:00 PM	31.4 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	21.3 °C	71%		Noche: 8:00 pm	22.4 °C	63%
DÍA: 42		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 48		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 14/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.2 °C	66%	FECHA: 20/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.3 °C	67%
	TARDE: 2:00 PM	22.8 °C	35%		TARDE: 2:00 PM	30.1 °C	45%
	Noche: 8:00 pm	22.9 °C	63%		Noche: 8:00 pm	25.2 °C	55%

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 49		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 55		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 21/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.7 °C	62%	FECHA: 27/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.0 °C	59%
	TARDE: 2:00 PM	30.1 °C	34%		TARDE: 2:00 PM	24.9 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	24.1 °C	50%		Noche: 8:00 pm	23.4 °C	66%
DÍA: 50		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 56		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 22/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.0 °C	65%	FECHA: 28/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	26.4 °C	52%
	TARDE: 2:00 PM	31.0 °C	34%		TARDE: 2:00 PM	30.1 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	25.1 °C	50%		Noche: 8:00 pm	24.2 °C	65%
DÍA: 51		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 57		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 23/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.3 °C	64%	FECHA: 29/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	25.8 °C	56%
	TARDE: 2:00 PM	30.3 °C	44%		TARDE: 2:00 PM	30.0 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	23.1 °C	55%		Noche: 8:00 pm	21.0 °C	50%
DÍA: 52		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 58		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 24/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.9 °C	68%	FECHA: 30/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	31.1 °C	56%
	TARDE: 2:00 PM	30.6 °C	36%		TARDE: 2:00 PM	31.2 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	23.3 °C	56%		Noche: 8:00 pm	24.1 °C	57%
DÍA: 53		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 59		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 25/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.5 °C	65%	FECHA: 31/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.4 °C	65%
	TARDE: 2:00 PM	30.3 °C	36%		TARDE: 2:00 PM	30.6 °C	37%
	Noche: 8:00 pm	24.1 °C	57%		Noche: 8:00 pm	23.1 °C	54%
DÍA: 54		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 60		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 26/07/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.1 °C	64%	FECHA: 01/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.0 °C	58%
	TARDE: 2:00 PM	29.4 °C	39%		TARDE: 2:00 PM	31.4 °C	34%
	Noche: 8:00 pm	23.9 °C	48%		Noche: 8:00 pm	25.6 °C	57%

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 61		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 67		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 02/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	26.3 °C	66 %	FECHA: 08/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.7 °C	57 %
	TARDE: 2:00 PM	30.1 °C	36 %		TARDE: 2:00 PM	29.2 °C	45 %
	Noche: 8:000 pm	24.3 °C	54 %		Noche: 8:000 pm	24.2 °C	51 %
DÍA: 62		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 68		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 03/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.1 °C	65 %	FECHA: 09/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.7 °C	61 %
	TARDE: 2:00 PM	30.3 °C	40 %		TARDE: 2:00 PM	29.1	44 %
	Noche: 8:000 pm	25.0 °C	51 %		Noche: 8:000 pm	24.5 °C	51 %
DÍA: 63		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 69		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 04/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	24.0 °C	68 %	FECHA: 10/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.7 °C	57 %
	TARDE: 2:00 PM	30.0 °C	45 %		TARDE: 2:00 PM	29.4 °C	45 %
	Noche: 8:000 pm	24.7 °C	53 %		Noche: 8:000 pm	22.1 °C	55 %
DÍA: 64		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 70		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 05/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	24.3 °C	64 %	FECHA: 11/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.8 °C	60 %
	TARDE: 2:00 PM	31.0 °C	35 %		TARDE: 2:00 PM	30.6 °C	42 %
	Noche: 8:000 pm	22.2 °C	55 %		Noche: 8:000 pm	22.3 °C	65 %
DÍA: 65		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 71		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 06/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	23.1 °C	65 %	FECHA: 12/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	23.7 °C	64 %
	TARDE: 2:00 PM	30.0 °C	34 %		TARDE: 2:00 PM	31.0 °C	34 %
	Noche: 8:000 pm	22.9 °C	54 %		Noche: 8:000 pm	21.4 °C	68 %
DÍA: 66		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 72		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 07/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.7 °C	59 %	FECHA: 13/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.0 °C	63 %
	TARDE: 2:00 PM	30.1 °C	44 %		TARDE: 2:00 PM	29.4 °C	45 %
	Noche: 8:000 pm	24.4 °C	50 %		Noche: 8:000 pm	23.1 °C	65 %

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 73		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 79		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 14/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	18.6 °C	61%	FECHA: 20/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.4 °C	55%
	TARDE: 2:00 PM	30.7 °C	35%		TARDE: 2:00 PM	30.4 °C	34%
	Noche: 8:00 pm	22.1 °C	55%		Noche: 8:00 pm	23.5 °C	64%
DÍA: 74		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 80		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 15/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	17.1 °C	63%	FECHA: 21/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	23.6 °C	58%
	TARDE: 2:00 PM	24.1 °C	44%		TARDE: 2:00 PM	29.9 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	22.3 °C	65%		Noche: 8:00 pm	21.3 °C	54%
DÍA: 75		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 81		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 16/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	18.1 °C	64%	FECHA: 22/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	22.6 °C	71%
	TARDE: 2:00 PM	30.2 °C	34%		TARDE: 2:00 PM	30.1 °C	42%
	Noche: 8:00 pm	21.5 °C	67%		Noche: 8:00 pm	24.2 °C	69%
DÍA: 76		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 82		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 17/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	17.1 °C	61%	FECHA: 23/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.5 °C	70%
	TARDE: 2:00 PM	29.2 °C	36%		TARDE: 2:00 PM	30.1 °C	42%
	Noche: 8:00 pm	20.4 °C	68%		Noche: 8:00 pm	21.4 °C	68%
DÍA: 77		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 83		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 18/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.2 °C	59%	FECHA: 24/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.4 °C	71%
	TARDE: 2:00 PM	25.4 °C	44%		TARDE: 2:00 PM	29.4 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	22.4 °C	53%		Noche: 8:00 pm	22.5 °C	65%
DÍA: 78		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 84		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 19/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.0 °C	60%	FECHA: 25/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.9 °C	66%
	TARDE: 2:00 PM	27.5 °C	40%		TARDE: 2:00 PM	24.5 °C	34%
	Noche: 8:00 pm	22.3 °C	55%		Noche: 8:00 pm	24.7 °C	67%

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 85		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 91		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 26/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	17.4 °C	63%	FECHA: 02/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.2 °C	55%
	TARDE: 2:00 PM	29.7 °C	33%		TARDE: 2:00 PM	30.4 °C	34%
	Noche: 8:00 pm	22.0 °C	55%		Noche: 8:00 pm	23.5 °C	54%
DÍA: 86		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 92		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 27/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.5 °C	65%	FECHA: 03/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.9 °C	50%
	TARDE: 2:00 PM	25.3 °C	42%		TARDE: 2:00 PM	21.4 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	21.5 °C	57%		Noche: 8:00 pm	22.3 °C	54%
DÍA: 87		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 93		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 28/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	18.1 °C	63%	FECHA: 04/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	18.4 °C	60%
	TARDE: 2:00 PM	30.2 °C	34%		TARDE: 2:00 PM	29.4 °C	32%
	Noche: 8:00 pm	22.4 °C	58%		Noche: 8:00 pm	20.1 °C	58%
DÍA: 88		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 94		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 29/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	17.4 °C	64%	FECHA: 05/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.3 °C	58%
	TARDE: 2:00 PM	29.4 °C	35%		TARDE: 2:00 PM	30.1 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	21.4 °C	65%		Noche: 8:00 pm	22.3 °C	60%
DÍA: 89		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 95		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 30/08/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.4 °C	70%	FECHA: 06/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.1 °C	59%
	TARDE: 2:00 PM	30.3 °C	45%		TARDE: 2:00 PM	29.4 °C	34%
	Noche: 8:00 pm	22.4 °C	68%		Noche: 8:00 pm	20.4 °C	62%
DÍA: 90		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 96		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 01/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	19.4 °C	64%	FECHA: 07/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.3 °C	60%
	TARDE: 2:00 PM	27.5 °C	35%		TARDE: 2:00 PM	30.3 °C	35%
	Noche: 8:00 pm	22.4 °C	67%		Noche: 8:00 pm	21.2 °C	63%

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 97		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA :		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 08/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.9 °C	63%	FECHA :	MAÑANA 8:00 AM		
	TARDE: 2:00 PM	29.8 °C	41%		TARDE: 2:00 PM		
	Noche: 8:00 pm	25.1 °C	52%		Noche: 8:00 pm		
DÍA: 98		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA :		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 09/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	21.1 °C	60%	FECHA :	MAÑANA 8:00 AM		
	TARDE: 2:00 PM	29.1 °C	38%		TARDE: 2:00 PM		
	Noche: 8:00 pm	23.1 °C	57%		Noche: 8:00 pm		
DÍA: 99		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA :		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 10/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.3 °C	60%	FECHA:	MAÑANA 8:00 AM		
	TARDE: 2:00 PM	30.4 °C	34%		TARDE: 2:00 PM		
	Noche: 8:00 pm	22.1 °C	54%		Noche: 8:00 pm		
DÍA: 100		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA:		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 11/09/2024	MAÑANA 8:00 AM	20.1 °C	60%	FECHA:	MAÑANA 8:00 AM		
	TARDE: 2:00 PM	29.3 °C	35%		TARDE: 2:00 PM		
	Noche: 8:00 pm	21.4 °C	58%		Noche: 8:00 pm		
DÍA:		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA:		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA: 1	MAÑANA 8:00 AM			FECHA:	MAÑANA 8:00 AM		
	TARDE: 2:00 PM				TARDE: 2:00 PM		
	Noche: 8:00 pm				Noche: 8:00 pm		
DÍA:		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA:		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA:	MAÑANA 8:00 AM			FECHA:	MAÑANA 8:00 AM		
	TARDE: 2:00 PM				TARDE: 2:00 PM		
	Noche: 8:00 pm				Noche: 8:00 pm		

reproducidos son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresada en las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresada en las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresada en las muestras ensayadas.



 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria

Dr. HUGO ALFREDO HUAMAN YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Eneurotoxicología

ANEXOS 8

ANÁLISIS DE LABORATORIO (POS-TEST)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	RUDY WILSON CARDENAS RAMOS	FECHA DE REPORTE:	23/09/2024
PROCEDENCIA:	BOTADERO LA CHARAPITA - TOCACHE - SAN MARTIN	RECIBO O FACTURA ELECTRONICA N°	37443876

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO																										
N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS FÍSICO			AQ					ANÁLISIS QUÍMICO											
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	Humedad	Densidad Aparente	Densidad Real	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	Cd	Pb	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	
			Ao	Arc	Lo		N°	Da	Dr		dS/m	M.O.	total	Orgánico				total	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Aluminio		Hidrógeno	%
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%	%	g/cm³	g/cm³	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES					Cmol(+)/kg					
1	S24-1047-1	F.P. 1	57	23	20	Franco Arcillo Arenoso	5.37	1.21	2.66	7.25	2.70	1.08	0.053	0.818	0.1293	9.2535		5.730	4.266	0.418	0.751	0.295	0.000		0.000	--
2	S24-1047-2	F.P. 2	51	27	22	Franco Arcillo Arenoso	3.17	1.31	2.61	7.27	2.32	1.00	0.050	0.580	0.1170	10.2975	4.941	3.614	0.374	0.645	0.309	0.000	0.000	--	100.000	
3	S24-1047-3	F.P. 3	55	11	34	Franco Arenoso	3.83	1.30	2.73	7.19	2.39	1.03	0.052	0.598	0.1255	9.8991	6.384	4.665	0.466	0.867	0.387	0.000	0.000	--	100.000	
4	S24-1047-4	F.P.4	57	11	32	Franco Arenoso	2.83	1.30	2.73	7.29	2.08	0.97	0.049	0.565	0.1333	8.1840	5.689	4.148	0.475	0.789	0.277	0.000	0.000	--	100.000	
5	S24-1047-5	M1	51	25	24	Franco Arcillo Arenoso	3.55	1.21	2.67	7.51	2.06	0.93	0.047	0.540	0.0830	4.0000	5.673	4.347	0.435	0.608	0.283	0.000	0.000	--	100.000	
6	S24-1047-6	M2	49	27	24	Franco Arcillo Arenoso	2.93	1.34	2.68	7.56	2.42	0.92	0.046	0.533	0.0714	4.1580	6.272	4.743	0.522	0.700	0.308	0.000	0.000	--	100.000	
7	S24-1047-7	M3	47	27	26	Franco Arcillo Arenoso	3.00	1.39	2.71	7.58	2.08	0.95	0.047	0.551	0.1035	4.0000	6.427	4.825	0.553	0.705	0.344	0.000	0.000	--	100.000	
8	S24-1047-8	M4	53	25	22	Franco Arcillo Arenoso	3.24	1.29	2.71	7.55	2.27	0.94	0.047	0.544	0.1022	3.6840	4.978	3.427	0.386	0.881	0.284	0.000	0.000	--	100.000	

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria

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



Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria

analisisdesuelosunas@hotmail.com
WhatsApp: 944407531

ANEXOS 9

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Identificación del sitio y observación del área de intervención del proyecto.



Fotografía 2

Recolección de las primeras muestras en el punto 1



Fotografía 3

Tamizado de una muestra de tierra, con el objetivo de separar residuos sólidos.



Fotografía 4

Observación de germinación de ambas plantas ex situ.



Fotografía 5

Recorrido del jurado por el sitio de investigación



Fotografía 6

Recorrido del jurado por el sitio de investigación



Fotografía 7

Evaluación de las raíces de ambas plantas

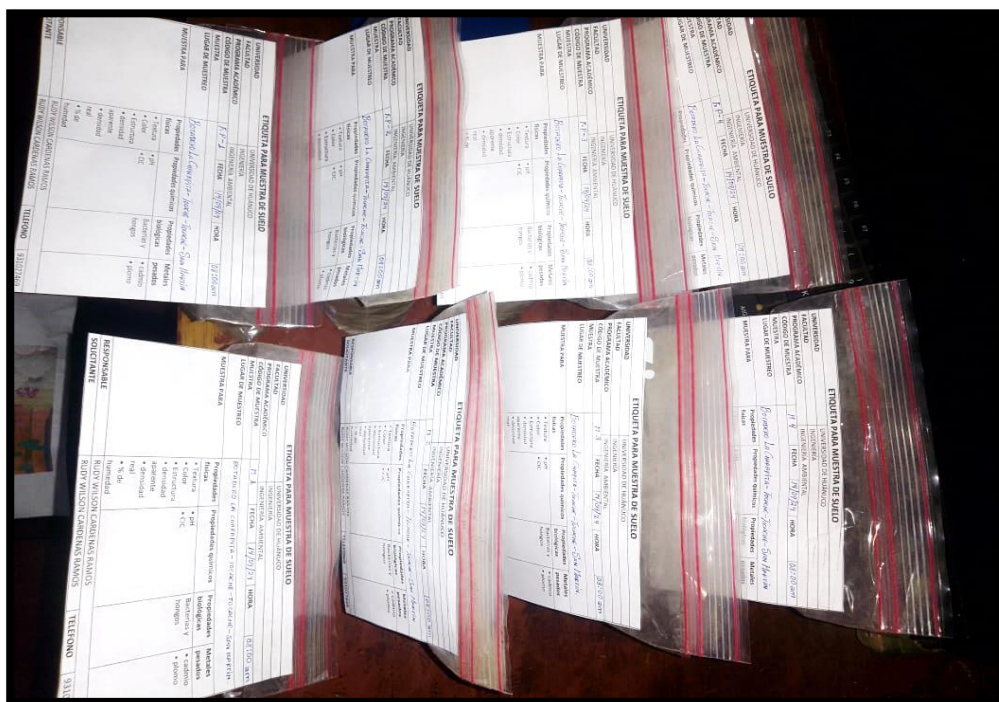


Fotografía 8

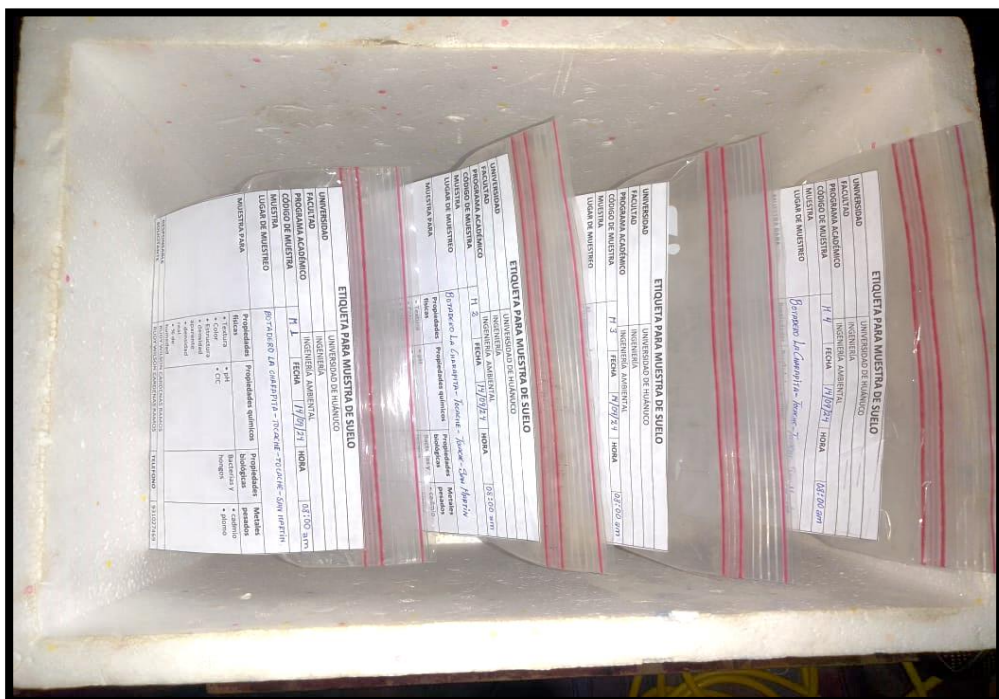
Evaluación de las raíces de ambas plantas



Rotulación de las ultimas muestras



Traslado de las muestras final al laboratorio



Fotografía 11

Determinación de los estudios físicos del suelo - técnica de la probeta



Fotografía 12

Determinación de las propiedades químicas (potasio, calcio sodio y magnesio)

