

# UNIVERSIDAD DE HUANUCO

## ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA, CON  
MENCION EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE



## TESIS

---

**“Evaluación de la capacidad del palán palán (Nicotiana glauca G.)  
para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo  
contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Pichipampa,  
Huánuco, 2022”**

---

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
INGENIERÍA, CON MENCION EN GESTIÓN AMBIENTAL Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTOR: Paredes Tello, Erick Elías

ASESORA: Llange Nieves, Zulema Jacoba

HUÁNUCO – PERÚ

2023

# U

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

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

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Biotecnología y Nanotecnología

**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: Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código del Programa: P26

Tipo de Financiamiento:

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

# D

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47515700

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42932346

Grado/Título: Maestra en gestión pública

Código ORCID: 0000-0003-4930-4825

**DATOS DE LOS JURADOS:**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Salazar Rojas, Juan Canción	Magister en agroecología y desarrollo sostenible	22415603	0000-0003-4114-0715

# H



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

En la ciudad universitaria de la esperanza, siendo las 17:00 horas del día viernes 01 del mes de setiembre del año dos mil veintitrés, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento a lo señalado en el reglamento de grados de maestría y doctorado de la Universidad de Huánuco, se reunió el jurado calificador integrado por los docentes:

- Mg. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
- Mg. FRANK ERICK CÁMARA LLANOS
- Mg. JUAN CACION SALAZAR ROJAS

Nombrados mediante RESOLUCIÓN N° 273-2023-D-EPG-UDH; para evaluar la tesis intitulada "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PALÁN PALÁN (Nicotiana glauca G.) PARA FITOEXTRAER METALES PESADOS (PLOMO Y CADMIO) DEL SUELO CONTAMINADO POR RESIDUOS SÓLIDOS, MARABAMBA, PICHIPAMPA, HUÁNUCO, 2022", Presentado por el Bach. PAREDES TELLO, Erick Elías para optar el Grado de Maestro en Ingeniería, con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

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

Habiéndose 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 APROBADO por UNANIMIDAD con calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de Bueno.

Siendo las 18:15 horas del día viernes 01 del mes de setiembre del año dos mil veintitrés, los miembros del jurado calificador firman la presente acta en señal de conformidad.

Presidente

Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas

COD. ORCID: 0000-0001-7920-1304

DNI: 40895876

Secretario

Mg. Frank Erick Cámara Llanos

COD. ORCID: 0000-0001-9180-7405

DNI: 44287920

Vocal

Mg. Juan Cancion Salazar Rojas

COD. ORCID: 0000-0003-4114-0715

DNI: 22415603



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, Zulema Jacoba Llange Nieves asesora de la Unidad de Posgrado en Ingeniería; en la Mención “Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible” designada mediante documento **RESOLUCION N.º 268-2022-D-EPG-UDH** del estudiante PAREDES TELLO, Erick Elías, de la tesis titulada:

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PALÁN PALÁN (Nicotiana glauca G.) PARA FITOEXTRAER METALES PESADOS (PLOMO Y CADMIO) DEL SUELO CONTAMINADO POR RESIDUOS SÓLIDOS, MARABAMBA, PICHIPAMPA, HUÁNUCO, 2022”.**

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del **13 %** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin.

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

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

Huánuco, 14 de setiembre del 2023.

---

**Mg. Zulema J. Llange Nieves**  
**DNI:42932346**  
**Orcid.org/0000-0003-4930-4825**  
**Asesora**

# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## postsustentación

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>13%</b>	<b>13%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unheval.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>distancia.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>renati.sunedu.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>ciencia.lasalle.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>



**Mg. Zulema J. Llange Nieves**  
**DNI: 42932346**  
**Orcid.org/0000-0003-4930-4825**  
**Asesora**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación con mucha gratitud a mi madre, quien con su dulce amor me instauró y educó, que su abrazo sea eterno, que por ella pude entender la gracia del Dios.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Señor Dios Nuestro, quien en su infinita gracia alcanzó mi vida, a mis progenitores, hermanos y todos quienes han estado constantemente apoyándome en el cumplimiento de mis objetivos.

Quiero extender mis agradecimientos a mi asesora Mg. Llange Nieves, Zulema Jacoba, por el aval al proceso de la investigación.

Con mención especial agradezco a mis amigos, Geoff; Dumer y sus familias, quienes con animas siempre están presentes, además de sus oraciones.

Finalmente agradezco a muchas personas incluso desconocidas, quienes confían en mi trabajo, y a los amigos entusiastas que me acompañaron en la recolección de datos.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X
CAPÍTULO I.....	12
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVO GENERAL .....	15
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.7.1. AMBIENTAL.....	16
1.7.2. TÉCNICA .....	17
1.7.3. SOCIAL.....	17
1.7.4. ECONÓMICA.....	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO .....	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
2.1.1. ANTECEDENTE A NIVEL INTERNACIONAL.....	18
2.1.2. ANTECEDENTE A NIVEL NACIONAL.....	20
2.1.3. ANTECEDENTE A NIVEL LOCAL .....	22
2.2. BASES TEÓRICAS.....	24
2.2.1. PALÁN PALÁN .....	24

2.2.2.	FITOEXTRACCIÓN .....	26
2.2.3.	MECANISMOS DE LA FITORREMEDIACIÓN .....	28
2.2.4.	METALES PESADOS.....	29
2.2.5.	SUELO.....	32
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	36
2.4.	SISTEMA DE HIPÓTESIS .....	38
2.5.	SISTEMA DE VARIABLES .....	38
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE .....	38
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	38
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	39
CAPÍTULO III.....		40
MARCO METODOLÓGICO .....		40
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.1.1.	ENFOQUE .....	40
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL.....	40
3.1.3.	DISEÑO .....	41
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	41
3.2.1.	POBLACIÓN.....	41
3.2.2.	MUESTRA .....	41
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
3.4.1.	TÉCNICA .....	42
3.4.2.	INSTRUMENTOS.....	43
3.5.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	43
CAPÍTULO IV.....		44
RESULTADOS .....		44
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS .....	44
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	53
CAPÍTULO V.....		55
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		55
CONCLUSIONES .....		57
RECOMENDACIONES.....		58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		59
ANEXOS .....		63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del Palán Palán .....	25
Tabla 2 Datos iniciales de los parámetros fisicoquímicos del suelo .....	44
Tabla 3 Datos iniciales de los metales pesados del suelo .....	44
Tabla 4 Datos post experimento de los parámetros fisicoquímicos.....	45
Tabla 5 Datos post experimento de metales pesados del suelo .....	45
Tabla 6 Comportamiento del tipo textural del suelo .....	46
Tabla 7 Comportamiento de los datos fisicoquímicos del suelo .....	47
Tabla 8 Comportamiento de los metales pesados del suelo .....	50
Tabla 9 Datos de la caracterización del follaje (Palán Palán).....	52
Tabla 10 Datos de los metales pesados del follaje (Palán Palán).....	52
Tabla 11 Comportamiento de datos del suelo y la acción de follaje.....	53
Tabla 12 Prueba de normalidad de datos .....	53
Tabla 13 Prueba t para una muestra.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Palán Palán silvestre.....	26
Figura 2 La fitoextracción subconjunto de la fitorremediación.....	28
Figura 3 Flujograma del experimento.....	42
Figura 4 Método del cuarteo.....	43
Figura 5 Comportamiento del tipo textural del suelo.....	46
Figura 6 Comportamiento del pH del suelo.....	48
Figura 7 Comportamiento de la materia orgánica del suelo.....	48
Figura 8 Comportamiento del nitrógeno (N) del suelo.....	49
Figura 9 Comportamiento del fósforo (P) del suelo.....	49
Figura 10 Comportamiento del potasio (K) del suelo.....	49
Figura 11 Comportamiento del plomo (Pb).....	51
Figura 12 Comportamiento del cadmio (Cd).....	51

## RESUMEN

En la presente investigación “Evaluación de la capacidad del Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos”, se tuvo como objetivo evaluar la capacidad del Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos. Para ello la metodología fue de tipo experimental con un nivel explicativo evaluando el efecto de una variable sobre otra, se hizo una evaluación pre experimental y post experimental, en la que se obtuvo por resultados; el tipo textural se mantiene en franco arenoso, el pH de 5.9 inicial (moderadamente ácido) a neutro post experimento con 7.45. Respecto a la materia orgánica de un porcentaje medio con 3.79 hacia 4.61 con un porcentaje alto post experimento, esto con relación al incremento de los nutrientes NPK. Respecto a los metales pesados el plomo inicial 161.5 ppm se redujo hasta 71,3967 ppm, lo cual está cerca de lo permitido por el ECA-suelo agrícola que acepta hasta 70 ppm, como también en cadmio con datos una media de 2.3 ppm reduciendo hasta 0.52 lo cual es dentro de lo permitido por el ECA-suelo agrícola que acepta hasta 1.4 ppm. Concluyendo que el Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) tiene la capacidad de fitoextraer metales pesados, puesto que se evaluaron también Zinc 50.113 ppm, hierro 0.456 ppm, cobre 13.542 y manganeso 97.266 ppm, además de estabilizar las características del suelo, y al ser comparados con el ECA-suelo agrícola se encuentran dentro de lo permitido.

**Palabras claves:** suelo, planta, contaminación, conservación de recurso, fitoecología.

## ABSTRACT

In the present research "Evaluation of the capacity of Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) to phytoextract heavy metals (lead and cadmium) from soil contaminated by solid waste", the objective is to evaluate the ability of Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) to phytoextract heavy metals (lead and cadmium) from soil contaminated by solid waste. For this, the methodology was experimental with an explanatory level evaluating the effect of one variable on another, a pre-experimental and post-experimental evaluation was made, in which it was obtained by results; the textural type is maintained in sandy loam, the pH of 5.9 initial (moderately acidic) to neutral post experiment with 7.45. Regarding the organic matter of an average percentage with 3.79 made 4.61 with a high percentage post experiment, this in relation to the increase of NPK nutrient. Regarding heavy metals the initial lead 161.5 ppm was reduced to 71.3967 ppm, which are close to what is allowed by the ECA-agricultural land that accepts up to 70 ppm, as well as in cadmium with data an average of 2.3 ppm reducing up to 0.52 which is within what is allowed by the ECA-agricultural land that accepts up to 1.4 ppm. Concluding that the Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) has the ability to phytoextract heavy metals, since Zinc 50.113 ppm, iron 0.456 ppm, copper 13.542 and manganese 97.266 ppm were also evaluated, in addition to stabilizing the characteristics of the soil, and when compared with the ECA-agricultural soil are within the allowed.

**Key words:** soil, plant, pollution, resource conservation, phytoecology.

## INTRODUCCIÓN

La acumulación de residuos sólidos en grandes cantidades ya sean que procedan de los hogares, negocios e incluso de la actividad industrial, en alguna zona provoca la contaminación directa de los suelos, conociendo que se da el proceso de degradación de estos residuos estando expuestos al ambiente y con ello la generación de lixiviados. Este es el caso de la gran mayoría de “botaderos de basura”.

Los grandes efectos de los botaderos que se convierten en “pasivos ambientales” son que en su mayoría no tienen un cierre adecuado y por ello las consecuencias son a largo plazo, limitando el desarrollo sostenible y alargando incluso la inversión pública para una pronta solución, afectando a la flora y fauna y el deterioro del ambiente de las zonas afectadas.

Por ello la necesidad de propuestas que permitan contribuir a soluciones amigables con el ambiente, además de ser sostenibles, en este ámbito es que la fitorremediación es una tecnología viable, puesto que las especies que se usan suelen acumular, extraer y minimizar contaminantes y metales pesados, más aún cuando se usan especies propias de zona.

En esta investigación se evalúa como fitoextractor por fitorremediación a la especie Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.), especie que cumple con acumular metales pesados que fueron evaluados, además de la estabilización de la calidad del suelo, cumpliendo con ser una especie que se desarrolla con toda normalidad en el área en la que se realizó el estudio, además se consultó antecedentes que muestren el uso que ya se dio a esta especie.

Realizar propuesta que favorezcan la recuperación de suelos degradados y contaminados de un modo más eco amigables como es fitorremediación (por fitoextracción) es una alternativa sostenible, con lo que se puede hacer frente a los impactos sobre los suelos, en esta investigación se busca el aporte a los conocimientos sobre especies que sean capaces de cumplir los requisitos de fitoextraer metales, en suelos usados como

botaderos a cielo abierto. Con el objetivo de plantear una solución sostenible en la recuperación de los suelos.

La investigación se encuentra estructurada por cinco capítulos, los cuales se enfocan cada uno en los diferentes aspectos como se indica a continuación:

Respecto al capítulo I, está comprendido desde el planteamiento del problema, formulación del problema, objetivo general y específicos, trascendencia, limitaciones y viabilidad.

Respecto al capítulo II, está comprendido con los antecedentes de nivel internacional, nacional y local, posterior a ello las bases teóricas, las definiciones de conceptos, sistema de hipótesis, y el cuadro de operacionalización de las variables.

Respecto al capítulo III, está comprendido con el marco metodológico que se empleó en la investigación además del enfoque, alcance, y diseño; población y muestra, las técnicas e instrumentos de cómo se recolectaron los datos y como se procesaron y analizaron la información

Respecto al capítulo IV, está comprendido con los resultados procesamiento de los mismos y la contrastación o prueba de hipótesis, se presenta pruebas de normalidad.

Respecto al capítulo V, está comprendido con la discusión de resultados.

Por último, se mencionan la conclusión, recomendación, las referencias bibliográficas y anexos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Entre las principales actividades del hombre que terminan contaminando los suelos son los químicos que se usan y producen como derivados de cada actividad industrial, residuos en los hogares, de ganadería y municipales (incluido aguas servidas), de agronomía y compuestos que derivan del petróleo. El suelo tiene su gran valor en sostener los ecosistemas en su estado natural y de cada servicio en las que constituye una gran reserva temporal del ciclo del agua que va filtrando con dirección a los acuíferos. Además, el suelo da soporte a todos los seres que se encuentran en los ecosistemas, suministrando agua juntamente con nutrientes necesarios para que se desarrolle la vida (Espejo, 2016).

La alteración en la calidad de los suelos constantemente se debe a la sobreexplotación antrópica, con ello se generan cambios extremos de en sus propiedades. En los últimos años se trabaja para mejorar las prácticas que conserven el uso que le damos a los suelos, esto está basado en reducir las acciones de cultivar la tierra y mejorar los horizontes de la superficie de residuos orgánicos que dan protección al suelo reduciendo que se erosionen logrando que el carbono orgánico pueda desenvolverse al igual que en un ecosistema natural.

La presencia de contaminantes en el suelo está incrementando y convirtiéndose en un tema preocupante en todo el mundo. Desde el 2017, la “Asamblea Ambiental de las Naciones Unidas” (UNEA) ha incorporado una resolución solicitando la realización de acciones con pronta ayuda que abarque el mejor manejo de las alteraciones en el suelo. Se superaron los 170 países quienes han logrado tal consenso, dejando evidente que los impactos en los suelos es una acción de suma importancia en todo el mundo, por lo cual los países que están dentro de tal acuerdo han propuesto la implementación de acciones que puedan concretar la minimización de impactos reduciendo amenazas (Rodríguez et al., 2019).

La gran mayoría de actividades antrópicas contribuyen en el agregado de contaminantes sobre el suelo puesto que incorporan sustancias químicas, de productos y sus derivados generados en las industrias, las actividades ganaderas, los residuos sólidos, productos agroquímicos como también derivados del petróleo. Gran parte de estos contaminantes se incorporan al medioambiente de manera accidental, por ejemplo; los derrames de petróleo, los lixiviados de botaderos de manera intencional, estos sucesos son más comunes con el uso de plaguicidas y fertilizantes, las aguas para riego sin un previo tratamiento (Rodríguez et al., 2019).

El suelo tiene la capacidad de brindar grandes servicios ecosistémicos entre ellos es la degradación de modo significativo la reducción de contaminantes, según los conocimientos científicos. A mayor contaminación del suelo, ocurre también la reducción de la estabilidad de la provisión de alimentos puesto que impacta el rendimiento de la agricultura, por altos niveles de agentes dañinos ocasionando con ello que la agricultura se desarrolle en suelos contaminados. Gran parte de los contaminantes (del proceso de lixiviados) se transportan del suelo con el ciclo del agua, con ello causando daño a las fuentes hídricas superficiales y subterráneas, ello genera grandes impactos ambientales acarreando dificultades en la salud humana. La contaminación del suelo conlleva cambios bruscos a la actividad biológica que se da en ella es decir se ven afectados los microorganismos y organismos mayores, con lo que se afecta casi al 100% de su con ello se reducen también los servicios ecológicos que nos brinda.

Entre los problemas que más afectan al Perú, son el mal manejo de los residuos sólidos, estos se generan hasta 19000 toneladas diarias, del total un 44% son destinados en los botaderos, un 52% se disponen los rellenos sanitarios y solo un 4% se aprovechan. De un total de 1585 botaderos que se identificó dentro del territorio identificados, 27 se categorizan como áreas con viabilidad de ser integradas a una infraestructura formal de disposición final de residuos sólidos. La región Ancash tienen mayor cantidad de botaderos con 149, en segundo lugar, Cajamarca con 149 y Puno cuenta con 111, sin embargo, Lambayeque tiene mayor área afectada por los

extensos terrenos de 438 hectáreas, le sigue Ica comprendida de 276 y Piura con 201 (Abanto, 2019).

Estos botaderos por lo general no fueron creados con planes de desarrollo, por lo que, en cumplimiento de las normas debe tener un cierre adecuado, dado en periodos prolongados generan impactos al medioambiente y a las sociedades. La entidad encargada de la fiscalización "OEFA", menciona que cada municipio presenta a la autoridad competente los "Programas de Reversión y Manejo de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos", a las autoridades, teniendo plazos de hasta ocho (8) meses posteriores la aprobación de las guías. Y el "Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos" para los municipios tienen en su jurisdicción botaderos que pueden ser recuperados, posterior a la aprobación de guías tienen plazos de hasta 2 años.

Con respecto a lo que sucede en Huánuco, se sabe que cuenta con áreas de botaderos de residuos más extensos que hay en el país con aproximadamente 270 hectáreas. Una de ellas tiene una proximidad muy cercana a lo céntrico de la ciudad que se ubica en el área de Marabamba - Pichipampa, esto convertido en un foco infeccioso que no solo altera al medioambiente, con sus diversos como la lixiviación, las emisiones gaseosas, y los problemas que ponen en jaque la salud de los ciudadanos. Sin embargo, con este conflicto y ya convertido en pasivo ambiental esa área es un lugar de trabajo para diversas personas sean adultos, jóvenes y niños, quienes no miden medir el peligro de llevar algún tipo de infección o enfermedad (Abanto et al., 2016).

Es por ello que en esta investigación se pretende la contribución a la ciencia de la recuperación de los suelos, con experimentos, considerando el potencial de fitoextracción de la especie *Nicotiana glauca* G., con lo que se puede constituir en una alternativa, permitiendo recuperar los suelos y su calidad.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

- ¿Cuál es la capacidad del Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Huánuco - 2022?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es el porcentaje inicial y final de plomo y cadmio en el suelo?
- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del suelo antes y después del tratamiento?
- ¿Cuál es la concentración de metales pesados (plomo y cadmio) en hojas, tallos y raíces del Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.)?

## **1.3. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la capacidad del Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Huánuco – 2022.

## **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el porcentaje inicial y final de plomo y cadmio en el suelo.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos del suelo antes y después del tratamiento.
- Evaluar la concentración de metales pesados (plomo y cadmio) en hojas, tallos y raíces del Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.)

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Las actuales condiciones en la que se encuentra el suelo del botadero de Marabamba, muestra que no se ha realizado ninguna intervención de cierre o algún proceso de recuperación, siendo muy desfavorable para las condiciones del suelo, dar una alternativa que ayude con la mitigación de

estos problemas con énfasis en recuperación del ecosistema es totalmente importante.

En esta investigación se consolida en la mejora de la calidad del suelo, en condiciones de contaminación por la degradación de residuos sólidos en el “botadero a cielo abierto de Marabamba”, para ello se usó la tecnología de la fitorremediación (por Fito-extracción), lo que en la actualidad es una tecnología limpia, a comparación de técnicas comunes que se limitan además de costos elevados y nada amigables con el medioambiente.

Los datos que se pudieron obtener en la presente investigación van a servir en la contribución de antecedentes para futuros proyectos en las que se trabaje con fitorremediación, pudiendo asociarla a las tecnologías en vanguardia y con ello encontrar soluciones que mitiguen la problemática que suceden en los suelos.

## **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

- Los laboratorios especializados para los análisis de las características de suelo y la presencia de metales pesados son en otras universidades.
- Los análisis de la caracterización del suelo con metales pesados son costosos.
- Se limita al estudio únicamente de dos metales pesados, tales son plomo (Pb) y cadmio (Cd).
- Se limita a la fitoextracción con la especie Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.)

## **1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Se considero los siguientes aspectos para la viabilidad de la investigación:

### **1.7.1. AMBIENTAL**

Los suelos contaminados con contenido de lixiviados que se producen las acumulaciones de residuos orgánicos sin tratamiento adecuado generan contaminación del aire y las fuentes de agua, al

conocer tal daño que se produce y las adecuadas técnicas de remediación se pueden dar soluciones a tal problema.

Se hizo uso del Palán Palán una planta que crece de manera natural en la zona es decir no cuesta su adquisición y se amolda al área de estudio y sus condiciones geográficas.

Para la toma de muestra y recolección de datos se contó con el apoyo de personal, además de movilidad y los equipos necesarios lo que lo hizo viable operativamente.

#### **1.7.2. TÉCNICA**

Se tuvo el asesoramiento de especialistas en el tema, provenientes de los docentes de la maestría como también de profesionales externos.

#### **1.7.3. SOCIAL**

Se priorizó con respeto a las personas cerca al área de estudio, es decir no se generó ningún perjuicio, por lo que fue viable socialmente.

#### **1.7.4. ECONÓMICA**

Se pudo cubrir todos los gastos económicos generados, ya que se contó con los recursos económicos, haciéndolo viable económicamente.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTE A NIVEL INTERNACIONAL

Ramírez et al. (2019) en su artículo titulado: *“Potencial fitorremediador de la chicura (Ambrosia ambrosioides) en suelos contaminados con metales pesados”* Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas – México. Tuvo como objetivo evaluar el potencial fitorremediador de suelo con *Ambrosia ambrosioides*, determinando absorción de metales pesados (Cd, Cu y Pb) en la planta en diversas concentraciones 0mg, 20mg, 40mg, y 60mg L<sup>-1</sup> que se aplicaron al agua usada para riego. Los análisis fueron realizados por medio de la absorción atómica, en cuyos datos obtenidos fueron calculados en factor de traslocación y de bio-concentración. La experimentación y sus respectivos análisis fueron desarrollados en la instalación de la “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna” - 2018. Se aplicó un diseño factorial tres por cuatro. Cuyas repeticiones fueron 4, fue el factor “A” el metal pesado y el “B” el porcentaje del metal. Se tuvo un total de doce unidades experimentales. Los resultados: demuestran que en las raíces, tallos y follaje en mayor concentración se presentan en el que se trató de *Cobre* trabajado a 20mg L<sup>-1</sup> con valores de 15 827.2mg, 13 030.9mg y 4 979.4 mg kg<sup>-1</sup> cada uno. El Cu fue el metal con mejor absorción por la planta, luego por cadmio (Cd) y plomo (Pb). El factor de traslocación biológico indica que el Cd es un metal que la planta acumula hacia sus hojas fácilmente seguido por el Cu y no actúa en la traslocación de Pb. El factor de concentración biológica supera el valor que se compara en 1 para todo el tratamiento, esto es un indicativo que fue efectuado alta cantidad de fito-extracción y que la planta puede ser aplicada en fitorremediación y recuperación del suelo.

Álvarez & Farfán (2019) en su Tesis con título; “*Prueba piloto para la fitoextracción de cadmio haciendo uso del Helianthus annuus en suelo proveniente de la vereda El Zaden*” en la Universidad de La Salle – Colombia. Se eligió la especie vegetal *Helianthus annuus* a la que se le hizo una prueba piloto en la que se evaluó las concentraciones de Cd en el suelo 0,2mg/l, también un control negativo con suelo sin contaminación. Se hizo la medición de las concentraciones de cadmio en el tejido vegetal de la planta en un periodo de 4 meses y luego se hizo un modelo usando el software Level One, lo que permite la comprobación que el suelo es un recurso de preferencia para que se acumulen según las características físicas y químicas del suelo. La especie fito-extractora que se eligió en la investigación fue la *Helianthus annuus*, teniendo eficiencia máxima de bioacumulación con un 60 % en el 4to mes (marzo) en la que se encontró en la parte final de su desarrollo. Al exponer el *Helianthus annuus* a la concentración moderada de Cd hizo que la flor tenga formaciones anómalas.

Ugalde & Adalberto (2019) en la investigación titulada “*Biorremediación de jales con presencia de metales pesados en la comunidad San Jerónimo Taviche*” para el Instituto Politécnico Nacional – México. Cuyo objetivo fue conocer el metal pesados en los jales de la localidad de San Jerónimo Taviche, y la manera en la que contaminaron cuerpos de agua y suelos de al rededor, se identificaron concentraciones de metales pesados en estos lugares. En la metodología fueron analizados 10 muestras de agua y 13 muestras de suelo, y las concentraciones de metales tóxicos totales: (Cd), (Cu), (Hg), (Pb) y (Zn). Para el tema social se realizó entrevistas semiestructuradas. Los resultados muestran que la existencia alta de concentración de, Zn; Pb; Hg; Cd y Cu, los cuales superan los límites que se establecen en la normatividad mexicana vigente. De las entrevistas se aprecian que las personas desconocen el riesgo frente al problema de contaminantes que provienen de los jales. Se pudo identificar rizo bacterias que se asocian con la rizosfera de plantas que lograron colonizar los relaves: *Aloe vera*, *Acacia pennatula*, *Ipomoea*

*violácea*, *Bouteloua dimorpha*, *Agave angustifolia*, *Barkleyanthus salicifolius* y *Nicotiana glauca*. Se pudo demostrar la estabilización del Pb en el sustrato, siendo diferente a la *N. glauca*, que puede a translocar el Pb hacia la parte aérea. De todas las variables de desarrollo de las seis plantas se observaron una evidente afectación de los microorganismos rizosféricos. La especie *C. dactylon* inoculada con el consorcio de HMA es la que mejor estabiliza el Pb en el sustrato. La inoculación con rizo bacterias genera la más biomasa en *N. glauca*, la más absorción de Pb del sustrato, y en consorcio con HMA reduciendo de manera significativa la biodisponibilidad del Pb.

## **2.1.2. ANTECEDENTE A NIVEL NACIONAL**

Valverde (2019) para su investigación titulada: “*Evaluación de Pelargonium zonale para fito-extraer plomo de suelos agrícolas en El Mantaro – Jauja*” en la Universidad Nacional del Centro del Perú. Tuvo por objetivo evaluar la eficiencia de fito-extracción usando la especie vegetal geranio (*Pelargonium zonale*) sobre suelos agrícolas contaminados con plomo. Dada la preocupante por las altas presencias de Pb que oscilaban desde 130,32ppm y 526,72ppm, de suelos agrícolas del distrito, la posible introducción a través de la cadena alimentaria y el efecto sobre la salud humana, Metodología: se trabajó la fitoextracción con geranio, en la que se aplicó un diseño experimental que tuvo nueve tratamientos. Se realizó la evaluación del efecto al aplicar tres diferentes dosis de (N) nitrógeno: 15gr, 20gr y 25gr respectivamente por especie vegetal; y los efectos de la variación del pH del suelo en 6,5; 5,5 y 4,5. en el incremento de la absorción de Pb por el geranio. Se realizó un experimento que contó con nueve parcelas de 3m<sup>2</sup> cada tratamiento. Se realizó a fitoextracción durante un año, desde la plantación de fragmentos de tallos hasta la extracción de las plantas y toma de muestra del suelo además de la hoja y tallo y raíz. Hubo mayor eficiencia en la parcela tratada con pH 4,5 y 20 g de N/planta lo cual fue 31,37%. Por tal se concluyó que variar el pH tiene un efecto significativo en la fito-extracción de Pb con geranio, y el pH

más óptimo fue 4,5 el; sin embargo, no influye la variación de concentraciones de nitrógeno.

Falcon (2017) en su Tesis de maestría titulada: *“Fito-extracción de metales pesados en suelo contaminado con maíz (Zea mays L.) en la Estación Experimental El Mantaro”* para la Universidad Nacional del Centro del Perú. Tuvo por objetivo aplicar la tecnología de la Fito-extracción en los suelos contaminados con metales pesados utilizando maíz. en la Estación Experimental “El Mantaro”. La metodología fue experimental en la que se trabajaron muestras en 3 lotes de terreno, a los que se le denominó A, B y C, con 125 m<sup>2</sup> de extensión respectivamente. en los lotes se tomaron muestras de suelo al azar de 1 kg. Con lo que se procedió a caracterizar y cuantificar sus propiedades fisicoquímicas las que fueron pH; 6.61, 7.10 y 7.08, grupo textural (Franco arcilloso), CIC (17.60, 15.52, 15.68), CE (0.66dS/m, 0.60dS/m, 0.59dS/m), M.O (2.30%, 2.77%, 2.53%), cationes cambiables: Ca<sup>+2</sup> (14.70, 13.25, 13.36), Magnesio intercambiable (2.13, 1.85, 1.92), potasio intercambiable (0.29, 0.29, 0,25), Sodio intercambiable ( 0.15, 0.13, 0.16) y % de carbonatos (0.80%, 4,00% 1,50%). Las concentraciones químicas de los metales en el suelo (As, Cd, Cu, Cr, He, Sb, Mn, Pb, y Zc) fueron analizados con el espectrofotómetro en el laboratorio acreditado CERPER S.A. Las semillas del maíz usados fue la variedad cuzqueada, se seleccionaron por su rendimiento y tamaño de la raíz y tallo. Se plantó dos semillas juntas en el suelo, a 0.6 m de distancia entre plantas, en una profundidad de 0.2 m. La Fito-extracción de los metales se evaluó por concentración de siembra del maíz, las cosechas se hicieron en la etapa madura (7 meses) se realizó un corte de raíz, tallo, hoja, flor y semilla. Las muestras secas, fueron enviadas al laboratorio para ser analizadas la concentración de metales pesados. Resultados demuestran concentraciones de metales pesados en los suelos estudiados y la Fitoextracción en el año evaluado fue efectivo, puesto que el factor de traslocación, en cada lote A y B para el Mg y Zc fue superior que uno y para el lote C: Cu, Mg y ZC fue superior que uno.

Vilcapoma (2019) en su tesis titulada: “*Fito-extracción de Cd y Zc en suelo contaminado usando Lactuca sativa var. White Boston, en la Estación Agropecuaria Experimental El Mantaro*” Universidad Nacional del Centro del Perú. Tuvo como objetivo fitoextraer Cd y Zc en suelo contaminado usando *Lactuca sativa var.* Metodología: tipo experimental en la que se trabajaron las muestras sobre 3 áreas de terreno y los análisis de características fueron realizadas en la UNALM. Cuyos resultados fueron: el pH; 8.26, 8.19 y 8.25, tipo textural de franca a franca arcillosa, CIC (15.20, 17.60, 16.00), C.E. (0.70dS/m, 0.72dS/m, 0.48dS/m), materia orgánica (1.43,2.26,1.80), Carbonato de calcio (13.80, 11.90,18.11). La concentración química de metales pesados fue para el área A: Cd (20.92mg/kg), Zc (36.7mg/kg). Área B: Cd (6.75mg/kg), Zc (299.21mg/kg). Área C: Cd (12.30mg/kg), Zc (202.39mg/kg) y después de la intervención: lote A: Cd (3.519mg/kg), Zc (227.86mg/kg). lote B: Cd (3.39mg/kg), Zc (221.01mg/kg). lote C: Cd (2.67mg/kg), Zc (149.18mg/kg); analizado en el laboratorio CERPER S.A. De la planta (hojas y raíz) es, lote A: Cd (1.14 y 2.47 ppm) Zc (98.95 y 68.93 ppm). lote B: Cd (1.57ppm y 3.25ppm), Zc (170.36ppm, 90.93 ppm). lote C: Cd (0.63ppm y 3.92ppm), Zc (92.64ppm, 80.07ppm).

### **2.1.3. ANTECEDENTE A NIVEL LOCAL**

Fonseca (2021) en su investigación titulada: “*Metales pesados (Cd, Pb) en granos de cacao (Theobroma cacao) y la fito-extracción de cultivos en callejones, valle del Alto Huallaga*” Universidad Nacional Hermilio Valdizán – Huánuco. Tuvo como objetivo demostrar la capacidad de fito-extracción de metales pesados (Cd, Pb) en granos de cacao (*Theobroma cacao*) en cultivos. La investigación fue de tipo experimental, con la finalidad de evaluar la capacidad de fito-extracción que poseen esta especies en un periodo corto, Colocacia esculenta (pituca); Centrocema macrocarpum (leguminosa forrajera); Hibiscus sabdariffa (rosa de Jamaica); Solanum topiro (cocona) y Eryngium foetidum (sacha culantro), de metales pesados (Cd y Pb) en cultivos de

caco (*Theobroma cacao*); fue empleado un diseño estadístico con bloques totalmente al azar (DBCA) con 6 tratamientos y 3 repeticiones (nueve plantas por parcela). Resultados; se demostraron que los inter cultivos tiene la capacidad de bioacumular metales pesados, pero el que más resalta de las 3 especies es Colocacia esculenta (pituca); Solanum topiro (cocona) y Eryngium foetidum (sacha culantro) teniendo mayores disponibilidades de fito-extraer metales pesados del suelo debido al dinamismo y movilidad; materia orgánica, pH y CIC propios del suelo; micro y macroelementos relación suelo y planta.

Vega (2020) en su tesis titulada: *“Efecto de métodos fisicoquímicos y biológicos en el porcentaje de cadmio en plantas de Capsicum Annuum y Theobroma Cacao L. en suelos contaminados con metales pesados”* de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Tuvo como objetivo evaluar efecto del método fisicoquímico y biológico en la concentración de Cadmio en plantas de pimiento y cacao y, en suelos contaminados con metales pesados. Metodología: Se hicieron 2 grupos experimentales, en el primero se usó un invernadero de especies de pimiento y suelo contaminado distribuido en macetas, se aplicaron seis tratamientos con biochar al cinco %, disolución nutritiva, humato. Se evaluó cadmio total, cadmio en el agua de poro (disponible) y cadmio en el pimiento (hoja, tallo y fruto). Del 2 tratamiento fue in situ con plantas de cacao orgánico de diez años, la que se aplicó seis tratamientos usando biochar al dos% y cuatro%, hongos que, de micorrizas, Commelina con combinación. Se determinó el Cadmio total, disponibles y en los granos de cacao. Resultados en el invernadero muestran que no hubo afectación a la nutrición de las plantas por los metales pesados, puesto que dosificar nutrientes con la disolución nutritiva y humato, las especies vegetales incrementan clorofila y cantidad de biomasa aérea. Con esto se recomienda el uso de biochar como alternativa en la reducción de cadmio y plomo en el agua de poro. Por la experiencia in situ también sugiere la aplicación de biochar al cuatro% para reducir cadmio disponible en el suelo. La mejor alternativa en la reducción de cadmio fue HMA. Por lo que, se

recomienda usar biochar y HMA disminuir la bioacumulación de cadmio en los órganos vegetales y los frutos del cultivo.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. PALÁN PALÁN**

Rosato & Lofeudo (2010) sostienen que el palán palán es un arbusto cuyo follaje es verdoso cenizo con flores amarillos, la cual presenta diversas curiosidades para realizar estudios. El lugar preferido para su desarrollo son un tanto extraño lo que incluye los terrenos baldíos, además con facilidad se puede encontrar en los montones de residuos. También se ve su desarrollo en las baldosas de las veredas, como también en las calles empedradas, cuando a escasa distancia existe suelos aptos. Tratándose de restos de edificios antiguos, se puede pensar en esos lugares encuentra los suficientes nutrientes requeridos y la humedad exacta para su sobrevivencia y poder desarrollarse, sin embargo, es difícil que lo mismo suceda en las veredas o pistas. Lo cual es común en la mayoría de los casos, porque en esas áreas enfrentan escasa competencia, puesto que pocas son las especies que puede tener su desarrollo en dichas condiciones.

Las características, de Palán Palán con respecto a sus raíces es que estas son ramificadas y se expanden, lo cual generan presión sobre algunos materiales lo que genera grietas y fisuras fuertes, esto también dan pase a la filtración del agua de lluvia.

El género *Nicotiana* está comprendido con al menos 40 especies, entre las cuales se encuentra el tabaco (*N. tabacum*). La especie *N. glauca* es conocida con distintos nombres comunes como: palán-palán, gandul, tabaco mexicano, árbol del tabaco, jatun sairi (quechua), khonta sairi (Aymará), huaaca lamanaxanaxa (toba), etc. El epíteto principal glauca se refiere al color blanco azulado de sus hojas y tallos (Falasca & Ulberich, 2014).

La biomasa del palán palán se compone con: 20 a 28 % de azúcar (sacarosa y levulosa,); 8 a 14 % de almidón, 30 a 45 % de celulosa, 1.5 a 2.0 % de lignina y 20 % de proteínas.

**Tabla 1**

*Taxonomía del Palán Palán*

<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
Especie	<i>Nicotiana glauca</i> Grah.
Familia	<i>Solanaceae</i>
Orden	<i>Solanales</i>

**Nota.** También puede recibir por nombre común anabasina, tabaco bobo, venenero, bobo, tabaco moro, calentón, leñero, malguilo.

### **Etimología del Palán Palán**

- **Nicotiana:** en honor a Jean Nicot (c. 1530-1630) quien trajo el tabaco y siendo embajador francés en Portugal.
- **Glauc:** del griego *glaukos* y latín *glaucus* que significa color verde azulado.

### **Capacidades del Palán Palán**

El Palán Palán o *Nicotiana glauca* con su capacidad para prosperar en condiciones de escasez extrema de agua, la especie también exhibe un valor energético significativo a través de la fermentación orgánica y la extracción de aceite de semillas para la producción de biodiesel, lo que la convierte en pionera en ecosistemas perturbados y reconocida por su investigación en fitorremediación, gracias a su resistencia contra niveles dañinos de plomo, zinc, cadmio y cobalto (Falasca & Ulberich, 2014).

El Palán Palán o *Nicotiana glauca*; la especie puede tolerar la sequía, pero es muy sensible al exceso de humedad del suelo. La criatura es muy reconocible, puede tolerar regiones secas y tiene la capacidad de colonizar áreas más pequeñas. En lugares inusuales, se puede encontrar Palán palan creciendo en lotes baldíos y formando paredes en lugar de escombros o suelo.

**Figura 1**

*Palán Palán silvestre*



**Nota.** Se ha observado crecer entre los azulejos de las aceras, adoquines y bordillos de calles con ensenadas, incluso con la presencia de lechos de tierra ubicados en las cercanías (Falasca & Ulberich, 2014).

Por otro lado, el palán palán Como agente antirreumático y antiartrítico, esta especie ha sido muy utilizada en la medicina tradicional para tratar llagas, lesiones por cortes o picaduras provocadas por quemaduras. En curación de mordeduras de serpientes o cortes, también utilizan las hojas. Las hojas frescas se emplean reduciendo paperas, son aplicadas externamente como agente de antiinflamación y antirreumático y se usan para el tratamiento de acnés y aliviar el dolor de dientes (Falasca & Ulberich, 2014).

### **2.2.2. FITOEXTRACCIÓN**

La fitoextracción es la que relaciona el proceso de absorción de contaminantes presentes en suelo por la rizosfera vegetal, y su transporte a las partes aéreas o cualquier parte que se pueda recolectar, con esto se eliminan los contaminantes y promueve una

restauración a largo plazo del suelo. Basado en ese enfoque, las plantas con capacidad de acumular metales deben ser plantadas en las áreas contaminadas y la biomasa que se enriqueció con metales pesados pasar por la absorción radicular debe ser cosechada. Los resultados son la eliminación fracciones de metal pesado del sistema. Lo que hace exitosa a la fitoextracción es de ser una técnica de rehabilitadora potencialmente que depende de factores como la disponibilidad de los metales, del mismo modo de plantas con capacidad de absorber y acumular estos metales a lo largo de su biomasa.

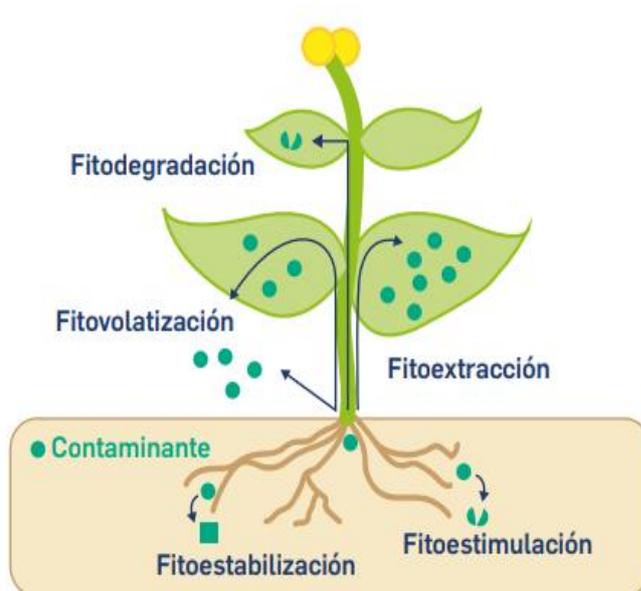
Después de la cosecha de biomasa lo común es incinerarlo y pocas veces hace un reciclaje o se da un uso por su carga contaminante. Las plantas idoneas para el proceso de fitoextracción deben tener habilidades de producción de biomasa en grandes cantidades, tener facilidad en la recolección y un rango amplio para acumular metales pesados en sus partes biomasa. Sin embargo, no se sabe de alguna planta que cumpla con estos criterios. Las plantas genéticamente modificadas también pueden ser usadas para el cumplimiento de los atributos mencionados. El porcentaje de fitoextracción está directamente en proporción a la tasa de crecimiento de las plantas, y el total de metales fitoextraídos está en relación con la biomasa que se recolecta, lo que hace que la acción de fitoextracción sea a largo plazo. Para lo cual se necesita identificar las especies que crezcan rápido y de rápido crecimiento y de genes fuertes y acumuladores.

Por otro lado Mentaberry (2011) menciona sobre la fitoextracción; está basado en la explotación de la capacidad que tienen algunas especies de plantas con lo que acumulan contaminantes a través de tejido vegetal es decir en su raíz, tallo y follajes), las cuales se pueden cosechar fácilmente. Los contaminantes al ser extraídos que por lo general suelen ser metales pesados, también tienen la capacidad de extraer diferentes contaminantes (orgánico o un elemento isótopo radiactivo). comúnmente la fitoextracción al ser un sistema se aplica

para la extracción de metales de diversa índole que se presentan en los suelos, estas especies se les conoce por metalofitas, también que acumuladores de metales; estas plantas pueden también tratar aguas contaminadas.

**Figura 2**

*La fitoextracción subconjunto de la fitorremediación*



**Nota.** La fitorremediación suele usar simbiosis con diferentes organismos benéficos para tener mayor efectividad (Mentaberry, 2011).

### 2.2.3. MECANISMOS DE LA FITORREMEDIAÇÃO

Se tienen diversos mecanismos por los que las plantas van a permitir diferenciar las técnicas de fitorremediación (Montano et al., 2022), los cuales se muestran a continuación:

- **Fitoextracción:** Las plantas suelen concentrar los contaminantes en las partes aéreas y no desarrollan síntoma alguna de toxicidad favorable para el tratamiento de suelos y aguas contaminadas con metales.
- **Rizofiltración:** El medio acuático se limpia mediante las raíces de los vegetales. Las raíces de estas especies se sumergen en metales y luego se introducen en agua una vez que el sistema radicular está completamente desarrollado. Las plantas se cosechan y se descartan para su uso en el futuro cuando

llegan a las raíces, lo que puede resultar útil para manejar agua contaminada con metales pesados, isótopos radiactivos o compuestos fenólicos.

- **Fitoestabilización:** Se utilizan plantas que pueden retener o atrapar contaminantes inorgánicos como metales y contaminantes orgánicos a través de la precipitación de las raíces de la zona de las rizosferas. La raíz de las plantas absorbe contaminantes y acumulan sustancias inofensivas, favorable para el tratamiento de aguas del sub suelo, el suelo, lagunas contaminadas por relaves de la minería.
- **Fitovolatilización:** Las plantas pueden captar y modificar los contaminantes como también algún compuesto orgánico y luego son liberados al aire por medio de la transpiración. Favorable para el tratamiento de aguas residuales y suelos.
- **Fitodegradación:** Las plantas consumen contaminantes y los convierten en un material que no representa ninguna amenaza para el medio ambiente natural. Este es su proceso bueno para sedimentar el agua sobre los suelos y las raíces.
- **Fitoestimulación:** La rizosfera de las plantas y su microflora se asocian para transformar los contaminantes en la zona radicular. Favorable para el tratamiento de aguas servidas y suelos con presencia de metales o hidrocarburos.

#### **2.2.4. METALES PESADOS**

El peso atómico del Hg en los metales pesados es menor que el átomo de 63.55, mientras que el Cu tiene mayor peso. Además, sus atributos físicos incluyen alta conductividad eléctrica, excelente maleabilidad, ductilidad, flexibilidad y brillo metálico. La concentración de metales pesados puede determinar si son beneficiosos, molestos o nocivos y tóxicos (Montano et al., 2022).

Si bien los metales pesados a menudo se utilizan de manera negativa, algunos elementos pueden considerarse macro y microelementos que son esenciales para los procesos biológicos de

animales, plantas y humanos. Arsénico, bromo, cobalto, cromo, cobre, molibdeno, manganeso, níquel, selenio y zinc son algunos de los metales pesados menos conocidos que se requieren en pequeñas cantidades. (Montano et al., 2022). Pero estos elementos cuando suelen superar las concentraciones pasan de ser microelementos a compuestos nocivos.

Hay dos formas en que se pueden encontrar metales en el medio ambiente: En cualquier caso, dependiendo del nivel de metal pesado en el entorno se procede a hablar de contaminación (Montano et al., 2022).

- **Origen natural:** El material particulado metálico puede depositarse en el agua y el suelo a través de la escorrentía, la filtración y el viento debido a la erosión de las rocas (Montano et al., 2022).
- **Origen antropogénico:** Se refiere a las actividades humanas, que incluyen el procesamiento industrial de minerales y metales, el uso de compuestos metálicos, la lixiviación de metales en basuras y botaderos de desechos sólidos, entre otras (Montano et al., 2022).

Para abordar los impactos negativos de los metales pesados en el medio ambiente y la salud humana, se han empleado varios métodos para restaurar ambientes contaminados, siendo los microorganismos los más utilizados. (algas; hongos y bacterias) y las plantas (Montano et al., 2022).

- **Cadmio**

Es un metal pesado que se produce de forma natural, no tiene ninguna función humana conocida. Se acumula en el sistema, generalmente afecta los riñones, pero también puede desmineralizar los huesos. Si esto ocurre. La presencia de cadmio en los suelos se debe tanto a actividades naturales como humanas. Los procesos naturales que ocurren incluyen la erosión

de la roca madre, las actividades volcánicas, el incendio forestal (incluida la tala), la deposición como también la erosión de sedimentos fluviales; mientras que las acciones humanas incluyen procesos de la minería y la industrialización, así como prácticas de irrigación/viabilidad agrícola (Meter et al., 2019).

Al utilizar fertilizantes fosfatados de rocas sedimentarias y agua de riego de sitios ricos en cadmio, las actividades antropogénicas pueden contribuir al aumento de las concentraciones de nutrientes en los suelos agrícolas. La exposición al cadmio en procesos industriales como la minera, la fundición y el uso de hidrocarburos puede provocar una contaminación localizada (Meter et al., 2019).

La alta acumulación del cadmio afecta a los riñones, pulmones; aminociaduria, neumonitis, edema pulmonar, vómitos, diarrea, dolor abdominal, enfisema, proteinuria y glucosuria, osteomalacia (Montano et al., 2022).

- **Plomo**

Este metal y sus derivados están presentes en todas partes de la Tierra, incluido el aire, las plantas alimenticias, el agua potable, los ríos, los océanos, los lagos, el polvo y el suelo. La capacidad de bioacumulación conduce a un aumento de la concentración de plomo en toda la cadena alimentaria. Ha habido un aumento significativo en el uso de plomo y la contaminación ambiental en las últimas décadas (Rubio et al., 2004).

El plomo es un metal común en la industria, utilizado para fabricar pigmentos y materiales de recubrimiento, envases, ungüentos, baterías eléctricas o algunos licores. Entre las diversas aplicaciones del plomo en la metalurgia se encuentran municiones para armas, metales para cojinetes (como aluminio y alambre de acero), revestimientos de cables, compuestos para calafatear como tuberías de latón y cobre, plomo laminado,

soldaduras, pigmentos, esmaltes cerámicos sobre vidrio y otros tipos. de vidrio (Rubio et al., 2004).

Las altas concentraciones de plomo pueden afectar al sistema nervioso, sistema óseo, anemia, ataxia, malestar general, cambios de personalidad, insuficiencia renal, cólico, dolores musculares, calambres, etc. (Montano et al., 2022).

### **2.2.5. SUELO**

Según la definición de FAO (2021) el suelo es un medio natural donde se desarrollan los vegetales. Además, lo define como cuerpos naturales divididos en horizontes o capas, tales están compuestos de elementos que son; el mineral meteorizado, la materia orgánica, gases y agua. Además, el suelo es la producción final del paso de los años y con la acción climática, topografías, organismo vivo (animales, plantas y los seres vivos), la roca madre (roca y mineral parental). Lo que resulta que el suelo es diferente al material parental en las texturas, estructuras, consistencias, color y la propiedad química, biológica y física. El suelo es uno de los componentes esenciales de la "Tierra" y por ende de cada ecosistema. Tales conocimientos muy diversos que van a abarcar la vegetación, la hidrología, el clima en el caso del suelo, y con ello abarcan también la consideración socioeconómica para el caso de los ecosistemas.

A lo que Velásquez (2003) menciona que el suelo es el contenedor natural de la diversidad de nutrientes, de la cual las plantas extraen los nutrientes necesarios para su desarrollo. Sin embargo, el suelo, también es limitado y se agota, cuando los nutrientes no son retribuidos de manera racional luego de las cosechas. El suelo además es el medio en el cual el desarrollo de las plantas sirve para brindar alimento y vestimenta al mundo.

Confirmando los conceptos anteriores Aparicio et al. (2015) sostiene que el suelo está definido por lo general como la corteza superficial de la corteza de la Tierra, está conformada por partes de mineral, agua, oxígeno, materia orgánica y microorganismos vivos.

Constituye la funcionalidad entre el aire y el agua, además de albergar el mayor porcentaje de la vida. Dado que el suelo en su formación es un proceso demasiado pausado, se puede considerar que es un medio que no se renueva en la escala de vida del hombre.

- **Composición del suelo**

Para que se forme el suelo suceden procesos complejos y lentos, de ahí la necesidad de conservación y manejo sostenible del suelo.

La formación de suelos está influenciada por diversos factores como el lecho rocoso, agentes biológicos, climatología, geomorfología (incluido el polvo de roca), tiempo y actividades humanas (González, 2018). Conjuntamente con los componentes minerales encontramos:

- **Materia orgánica:** Los intersticios de los soportes minerales contienen humus o residuos de materia viva, que se obtienen mediante mineralización y alimentan a las plantas.
- **Agua:** Entre otras cosas, colabora en la disolución de minerales y vitaminas esenciales para la nutrición de las plantas.
- **Aire:** Fuerza la energía cinética en la superficie, inicia reacciones aeróbicas en áreas subcelulares y desencadena transformaciones anaeróbicas dentro de las capas.

- **Propiedades físicas del suelo**

Ramírez (1997) sostiene que las propiedades físicas de los suelos son los responsables mayoritarios para un buen crecimiento de los vegetales, pero, muy pocas veces son consideradas puesto que generalmente son considerados solo la propiedad química. Realmente la existencia de un óptimo

desarrollo de las plantas, deben existir las relaciones dinámicas de las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo. Las características físicas pueden ser: principalmente aquellas que no derivan de otra en la que se encuentra la temperatura, consistencia, color, estructura, textura, la densidad, etc.

### **Textura**

El suelo está formado por fracción mineral y partículas de diversos tamaños. Las arenas son las más gruesas, los limos de tamaño mediano y las arcillas los más pequeños (Navarro García, 2003). El tamaño de las partículas es clasificado según la escala que se muestra a continuación:

- 2 micras.....Arcilla
- 2 a 20 micras.....Limo
- 20 a 200 micras.....Arena fina
- 200 a 2000 micras.....Arena gruesa
- 2000 micras.....Gravillas y gravas

La obtención de la proporción cuantitativa de cada fracción granulométrico individual en un suelo se puede lograr mediante truncamiento o mezcla. Se pueden utilizar diferentes métodos para determinar las texturas. El volumen de sedimentos, el método de la probeta y el método de Bouyucos son los tres métodos principales utilizados en el laboratorio para determinar el tipo más común. Por medio de esos análisis el suelo se puede ser clasificar en Franco arcilloso, Franco arcilloso, Franco limoso, etc. (Navarro García, 2003).

#### **2.2.2.2. propiedades químicas del suelo**

Guillermo & Francisco (2011) manifiestan que las arcillas al igual que la materia orgánica determinan las propiedades químicas del suelo, puesto que estas son las más importantes fuentes que pueden aportar nutrientes. Del mismo modo son

capaces de reponer los minerales sobre los suelos ya que son totalmente dependientes de estos, sin embargo, la materia orgánica es de más rápida recuperación lo que no sucede con la arcilla los cual debe pasar por procesos de meteorización fisicoquímica a partir de proporciones enormes de rocas.

## **PH**

Esta característica del suelo indicada el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones de los suelos, sin embargo, no muestra la acidez total. El pH va a influir en la mayor parte del crecimiento de las plantas y los animales del suelo, influye también en la velocidad y calidad de algunos procesos como la humificación y mineralización, además, en la provisión de algunos nutrientes. Sobre el suelo los hidrogeniones se encuentran en las soluciones, además en la complejidad de cambio, lo que origina a dos tipos de acidez que se reconocen; la real que suele darse en las soluciones y la acidez de reserva que es para los adsorbidos. Los dos tipos suelen mantenerse en equilibrio dinámico. Sí es que se elimina el  $H^+$  de la solución se libran otros  $H^+$  que fueron adsorbidos. Por causa de estos el suelo tiene la capacidad de mostrarse fuerte a la resistencia de modificaciones en su pH, es decir tienen una fuerte protección.

## **Materia orgánica**

Se le conoce como materia orgánica a Todas las sustancias orgánicas del suelo, independientemente de su origen o estado de descomposición, se encuentran principalmente cerca de la superficie. Sin embargo, las plantas que no se cosechan tienen sus partes aéreas en el suelo, mientras que sus raíces se transforman en materia orgánica cuando sus células funcionan mal y dejan de funcionar. La incorporación de residuos a mayor profundidad en el suelo es esencial para la meso fauna del suelo inducida por lombrices e

insectos, y la mayor concentración de MOS se produce en los primeros 15 a 20 centímetros del suelo.

### **Conductividad eléctrica**

La CE de un suelo es un indicador de su capacidad para conducir una corriente eléctrica. Un suelo fértil se caracteriza por una CE alta, lo que indica la abundancia de cationes que permanecen en las vías de intercambio de materia orgánica del suelo. Los niveles excesivos de iones de sodio y magnesio en los suelos pueden causar problemas de salud vegetal y dificultar la biodisponibilidad del cadmio (Meter et al., 2019).

## **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **Suelo**

“Comprendida como la capa superior hasta lo profundo de la tierra, es el lugar en la que las plantas por medio de sus raíces pueden extraer agua, alimentos que los ayuda a desarrollarse. Por medio de la mineralización del desprendimiento de la Roca madre, son mezclados con la materia orgánica (restos de plantas y animales), oxígeno, el agua y microorganismo vivos” (Moreno et al., 2010).

### **Resiliencia del suelo**

“Las presiones a las que se somete el suelo y a la vez ser tolerante es a lo que se define por resiliencia. Es también todo tipo de alteración que se da en el suelo y este lo resistir de manera natural, por lo que es la enorme capacidad del suelo para atravesar por presiones de cada actividad que el hombre pone sobre esta, además de las presiones externas de modificación” (Banegas, 2014).

### **Fitorremediación**

“Se considera la capacidad natural de algunas especies vegetales como también organismos (fitoplancton) que remueven toxinas que están en algún ecosistema y la afecta, se comprende de la biorremediación. Es decir, es una tecnología en estado natural con lo que se restauran áreas contaminada o degradadas, ya sea por la

acción de hombre o de manera natural. La fitorremediación siempre es a favor de volver el equilibrio de los ecosistemas” (Núñez et al., 2004).

### **Biorremediación**

“Denominado como el conjunto de biotecnologías (naturales) las cuales sirven en la limpieza, restauración y recuperación del suelo que atravesaron por impactos sobre sus propiedades, es muy práctico ya que se utilizan como aliados a los propios organismos y microorganismos presentes en los suelos” (Iturbe, 2010).

### **Botaderos**

“Es la inadecuada disposición final de residuos, puesto que no lleva tratamiento alguno, la descomposición de estos residuos, pueden generar efectos negativos en la salud humana, conllevando también impactos al ambiente”.

### **Geología**

“La ciencia de la tierra que se ocupa del estudio de los materiales que se encuentran en la tierra, sus propiedades y procesos en su origen, modificación, movimiento, distorsión y naturaleza del paisaje se llama científica” (González, 2018).

### **Ex situ**

“Es una técnica de análisis del suelo contaminado, con lo que se logra la determinación de cantidades de contaminantes, es necesario la remoción del suelo previo a los tratamientos. La muestra puede tener un estudio en un lugar diferente a su origen” (Guillermo, 2011).

### **Lixiviación**

“Proceso en la que los líquidos recorren por medio de los residuos sólidos y trasladando parte de la descomposición. Son las precipitaciones que principalmente genera la lixiviación en las infraestructuras de los botaderos siempre en cuando estos estén sin una cubierta o techo. Pueden ser afectados por diferentes condiciones climáticas como el clima y la humedad” (DIGESA, 2004).

## **2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS**

**H1:** El Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) tiene la capacidad para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Huánuco – 2022.

**H2:** El Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) no tiene la capacidad para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Huánuco – 2022.

## **2.5. SISTEMA DE VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Metales pesados de suelo contaminado por residuos sólidos

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Fitoextracción con *Nicotiana glauca* G.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Título:** “Evaluación de la capacidad del palán palán (*Nicotiana glauca* G.) para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Pichipampa, Huánuco”

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	TIPO
<b>V. independiente;</b> Fitoextracción con Palán Palán ( <i>Nicotiana glauca</i> G.)	Se trata de explotar la capacidad que poseen algunas especies para la acumulación de algunos elementos que contaminan, su tejido vegetal (raíz, tallo y follaje), pudiendo ser cosechadas fácilmente (Rosato & Lofeudo, 2010).	Se usará la capacidad de la <i>Nicotiana glauca</i> G. para acumular metales pesados en su tejido vegetal	Con fitoextracción	Efectivo	Cualitativo
			Sin fitoextracción	No efectivo	
<b>V. dependiente;</b> Metales pesados de suelo contaminado por residuos sólidos	Los metales pesados tienen una densidad hasta 5 veces mayor que el agua, indispensables en menores proporciones, pero perjudicial si estos incrementan (Jiménez, 2017).	Los metales pesados limitan el desarrollo biológico tanto de plantas como de microorganismos que habitan en el suelo	Metales pesados	Plomo cadmio	Cuantitativo continuo
			Características químicas	Textura	
				pH	
				CE	
Materia orgánica					
				NPK	

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación tuvo una clasificación de la siguiente manera: es experimental porque el investigador interviene de modo consciente sobre el objeto de estudio; porque se hace mediciones de la relación entre las variables de la población en estudio y porque suceden los fenómenos (Bernales, 2010) considerando la acción de la *Nicotiana glauca G. y su capacidad* (variable independiente) en la Fito extracción de los metales del suelo (variable dependiente).

##### **3.1.1. ENFOQUE**

Para la presente investigación tuvo en cuenta el enfoque cuantitativo ya que se parte de un problema que está definido por el investigador; además de los objetivos definidos con claridad por el investigador; y se definen hipótesis que serán verificadas o falseadas por medio de pruebas empíricas; se hicieron uso de las técnicas estadísticas que estuvieron estructuradas para analizar la información; se hizo uso de instrumentos para recolección de información y medición de variables estructuradas (Lerma, 2016).

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

La investigación tuvo un nivel explicativo, con lo que se trata de dar la explicación de la ocurrencia del fenómeno en estudio, la búsqueda se realiza de manera confiable, la naturaleza de la relación de una variable sobre otra, lo que está direccionado para indagar las causas de los fenómenos, dicho también se intenta dar explicación por qué suceden o, si se quiere, por qué las variables se relacionan. y otorgan además un 'sentido de entendimiento' del fenómeno que se estudia, lo que sería también, trata de entenderlo partiendo de sus causas y no partiendo de una simple correlación estadística que se verifica con otras variables (Lerma, 2016).

### 3.1.3. DISEÑO

La investigación contempló un diseño experimental, en la que se hizo modificaciones de modo intencional el estado de alguno de las variables de estudio (variable dependiente), es decir se introdujeron y manipularon, sea tratamiento o intervención que desea hacer el estudio o evaluación. Disponer el efecto de una variable independiente (es decir el tratamiento) sobre otra variable dependiente (cuya variación es debido a los cambios de las variables independientes) (Lerma, 2009). El diseño se resume de la siguiente manera:

**Grupo experimental 1: A O1 X O2**

**Donde:**

**A:** Selección aleatoria

**O1 y O2:** Observación y análisis inicial de las muestras

**X:** Fitoextracción con *Nicotiana glauca* G.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. POBLACIÓN

Población denominada al conjunto de todos los componentes de un mismo grupo especie que suelen presentar mismas características determinadas o pueden corresponder a un mismo concepto por igual, y son estos elementos a las que se estudian; la característica y su relación (Lerma, 2009).

Para la investigación se consideró como población al suelo contaminando por residuos sólidos del ex botadero de Marabamba – Huánuco.

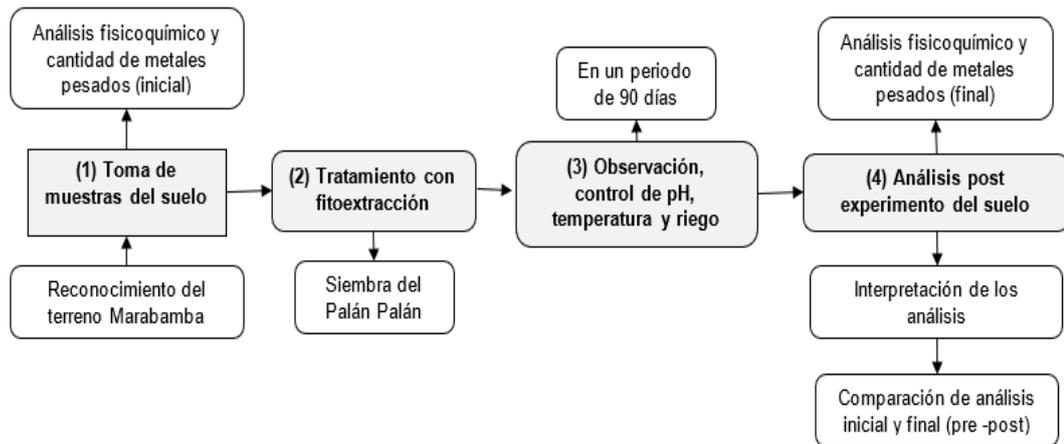
### 3.2.2. MUESTRA

Considerada como el subconjunto proveniente de la población. Que se distribuyen de los datos estadísticos de las variables definidas que se obtienen, se realizan el calculan de la estimación de valores de esas mismas variables para la conjunto (población) (Lerma, 2009).

Se tomó 5 punto de nuestros de los cuales se extrajeron 10 kilos de suelo por punto. En un total de 50 kg de suelo.

**Figura 3**

*Flujograma del experimento*



**Nota.** De la figura del flujograma se muestra que el experimento se realizó en 4 etapas (ex situ), realizando pre muestras (antes del experimento) y post muestras (después del experimento), y la comparación de datos que permitieron evaluar la acción de fitoextracción del Palán Palán respecto a los metales pesados (Plomo y cadmio).

### 3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.4.1. TÉCNICA

- Muestreo: según: “Guía para el muestreo de suelos en el Marco del D.S. N° 002-2013-MINAM ECA para suelo”. Considerando lo siguiente:

- Muestreo estadístico simple:

Puesto que se tuvo un área menor a 5 hectáreas y se hizo la delimitación de manera visible a lo largo y ancho del terreno. Es decir, se hizo un trazo por conveniencia sin seguir una regla.

- Tipo de muestreo:

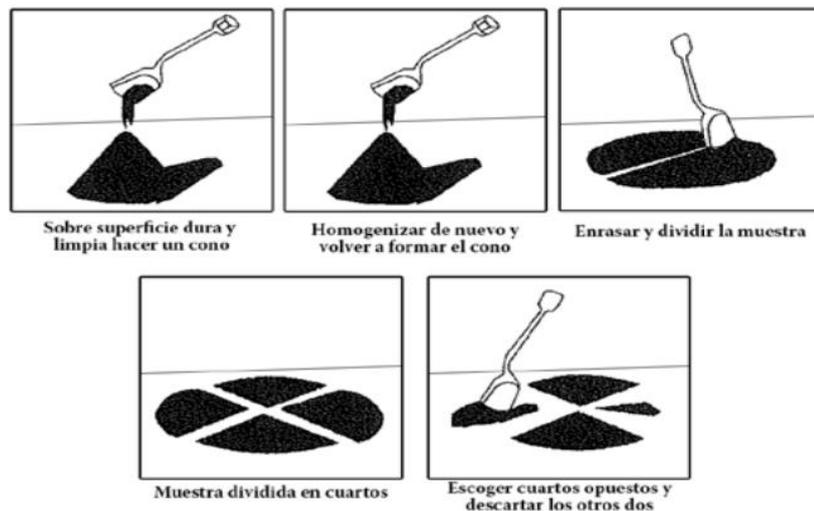
Puesto que se hizo un muestreo preliminar (pre experimento) para poder evaluar el éxito de la fitoextracción, se tuvo un muestreo de remediación.

- Técnica de muestreo:

La técnica usada para garantizar que las muestra sean homogéneas se siguió el “Método del cuarteo” de la siguiente manera:

**Figura 4**

*Método del cuarteo*



**Nota.** El método del cuarteo mejora la segregación de materiales muy grueso y residuos sólidos no degradados (Espejo, 2016).

- Profundidad del muestreo:

Dado que la muestras fueron superficiales y se comprobaron con el ECA-suelo agrícola, se tuvo una profundidad de muestreo de 30 cm.

### 3.4.2. INSTRUMENTOS

- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- Multiparámetro.
- Bolsas de polietileno.

## 3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos obtenidos del análisis documental de los resultados de laboratorio se procesaron y ordenaron con el Software estadístico informático IBM SPSS versión 25. Se explican los procesos de la estadística inferencial que ayudarán a verificar las hipótesis.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

**Tabla 2**

*Datos iniciales de los parámetros fisicoquímicos del suelo*

N°	Parámetros fisicoquímicos									
	Arena (%)	Arcilla (%)	limo (%)	Textura	pH	CE (dS/m)	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
PM1	71	12	17	Arena Franca	4.58	1.726	4.05	0.2	196.95	165.16
PM2	71	12	17	Arena Franca	7.21	1.413	3.52	0.18	171.2	155.88

**Nota.** Se muestran los datos de los parámetros fisicoquímicos pre intervención (experimento) obtenidos de las pruebas de laboratorio. De la tabla 1 se aprecia que el tipo textural es arena franca en ambas muestras, el pH se presenta un rango de ligeramente alcalino con datos de 4.58 y 7.21 y la materia orgánica (M.O.) un rango medio con porcentajes de 4.05% y 3.52%.

**Tabla 3**

*Datos iniciales de los metales pesados del suelo*

N°	Metales Pesados	
	Plomo (Pb) ppm	Cadmio (Cd) ppm
PM1	199	2.53
PM2	124	2.08

**Nota.** Se presentan datos de los metales pesados pre intervención (experimento) obtenidos de las pruebas de laboratorio. De la tabla 2 se aprecia para plomo datos de 199 y 124 ppm los cuales exceden el ECA-suelo agrícola, como también en cadmio con datos 2.53 y 2.08 ppm que superan el ECA-suelo agrícola.

**Tabla 4***Datos post experimento de los parámetros fisicoquímicos*

<b>Parámetros fisicoquímicos del suelo</b>										
N°	Arena (%)	Arcilla (%)	limo (%)	Textura	pH	CE (dS/m)	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
PE1	70	15	15	Franco arenoso	7.50 <sup>a</sup>	10.100	4.59	0.23	110.42	564.20
PE2	70	17	13	Franco arenoso	7.50 <sup>a</sup>	10.100	4.62	0.23	106.88	506.63
PE3	69	16	15	Franco arenoso	7.36 <sup>b</sup>	10.110	4.60	0.22	110.00	560.00
PE4	69	17	14	Franco arenoso	7.48	10.110	4.59	0.23	106.80	506.70
PE5	67	17	16	Franco arenoso	7.48	10.100	4.60	0.21	110.42	564.00
PE6	70	15	15	Franco arenoso	7.50 <sup>a</sup>	10.100	4.62	0.21	110.00	564.20

**Nota.** Se muestran los datos de los parámetros fisicoquímicos post intervención (experimento) obtenidos de las pruebas de laboratorio. De la tabla 3 se aprecia que el tipo textural es franco arenoso, el pH presenta rangos de ligeramente alcalino con datos de 7.50<sup>a</sup> el más alto y 7.36<sup>b</sup> el más bajo, y la materia orgánica (M.O.) presenta rangos altos que superan el 4%, reflejados en el NPK.

**Tabla 5***Datos post experimento de metales pesados del suelo*

<b>Metales Pesados (suelo)</b>		
N°	Plomo (Pb) ppm	Cadmio (Cd) ppm
PE1	73.600 <sup>a</sup>	0.520 <sup>d</sup>
PE2	69.240	0.528 <sup>c</sup>
PE3	73.540	0.523
PE4	70.400	0.520 <sup>d</sup>
PE5	73.600 <sup>a</sup>	0.526
PE6	60.000 <sup>b</sup>	0.520 <sup>d</sup>

**Nota.** Se presentan datos de los metales pesados post intervención (experimento) obtenidos de las pruebas de laboratorio. De la tabla 4 se aprecia para plomo el dato máximo de 73.600<sup>a</sup> ppm y el dato menor 60.000<sup>b</sup>, respecto al cadmio el dato mayor es de 0.528<sup>c</sup> y el dato menor es de 0.520<sup>d</sup>, los cuales están cerca de lo permitido por el ECA-suelo agrícola, como también en cadmio con datos menores al 0.5 ppm dentro de lo permitido por el ECA-suelo agrícola.

**Tabla 6**

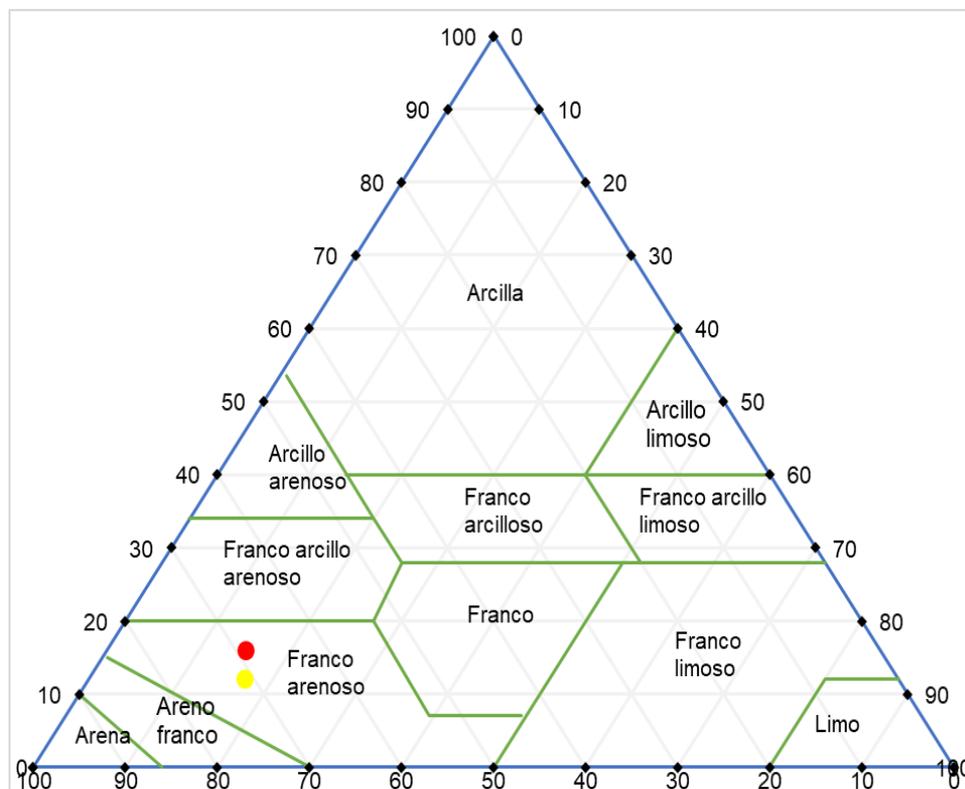
*Comportamiento del tipo textural del suelo*

Tipo Textural				
Medición	Arcilla (%)	Arena (%)	Limo (%)	Suma (%)
Inicial (●)	12	71	17	<b>100</b>
Final (●)	16	96	15	<b>100</b>

**Nota.** De la tabla 5 considerando la media de los datos inicialmente el tipo textural se muestra con 12% de arcilla, 71% de arena y 17% de Limo y posterior al experimento con 16 % de arcilla, 96% de arena y 15%, en ambos casos la suma de los mismo es 100%

**Figura 5**

*Comportamiento del tipo textural del suelo*



**Nota.** Realizando el trazo de los datos del tipo textural del suelo se muestra inicialmente (●) que con 12 % de arcilla, 71% de arena y 17% de Limo es franco arenoso, de igual forma para el dato final (●) con 16 % de arcilla, 96% de arena y 15% se considera franco arenoso, por lo que no se evidencias cambios significativos en este indicador del parámetro físico del suelo.

**Tabla 7***Comportamiento de los datos fisicoquímicos del suelo*

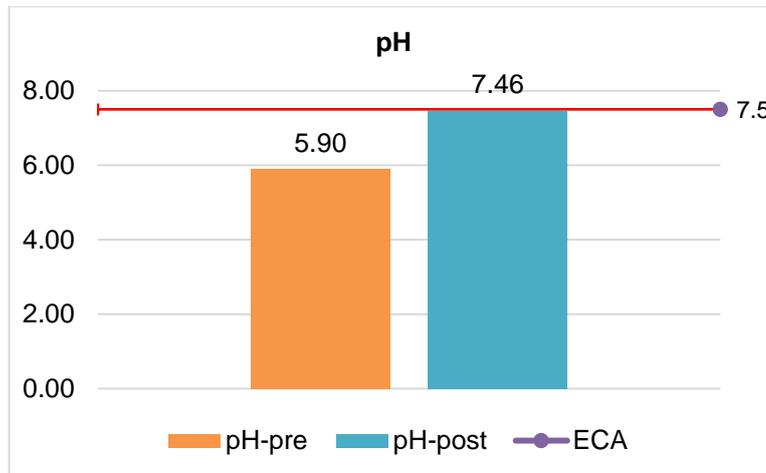
Datos	Medición	Media	E. estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				L. inferior	L. superior
<i>Suelo</i>	pH-pre	5.9000 <sup>a</sup>	0,00000	5,9000	5,9000
	pH-post	7.4617 <sup>b</sup>	0,01537	7,4222	7,5012
	<b>Diferencia</b>	<b>-1,5350</b>	<b>0,02742</b>	<b>-1,6055</b>	<b>-1,4645</b>
	CE-pre	1,5700	0,00000	1,5700	1,5700
	CE-post	10,1033	0,00615	10,0875	10,1191
	<b>Diferencia</b>	<b>8,5333</b>	<b>0,00615</b>	<b>8,5175</b>	<b>8,5491</b>
	MO-pre	3,7900 <sup>c</sup>	0,00000	3,7900	3,7900
	MO-post	4,6050 <sup>d</sup>	0,00563	4,5905	4,6195
	<b>Diferencia</b>	<b>0,8150</b>	<b>0,00563</b>	<b>0,8005</b>	<b>0,8295</b>
	N-pre	0,1900	0,00000	0,1900	0,1900
	N-post	0,2167	0,00558	0,2023	0,2310
	<b>Diferencia</b>	<b>0,0267</b>	<b>0,00558</b>	<b>0,0123</b>	<b>0,0410</b>
	P-pre	184,0800	0,00000	184,0800	184,0800
	P-post	108,4200	0,62367	106,8168	110,0232
	<b>Diferencia</b>	<b>-75,6600</b>	<b>0,62367</b>	<b>-77,2632</b>	<b>-74,0568</b>
	K-pre	160,5200	0,00000	160,5200	160,5200
	K-post	539,1383	10,67440	511,6989	566,5777
	<b>Diferencia</b>	<b>378,6183</b>	<b>10,67440</b>	<b>351,1789</b>	<b>406,0577</b>

**Nota.** se muestran los datos, interpretando la media de los datos obtenidos de las pruebas de laboratorio. (E. = error & L. = límite). De la tabla 6 se aprecia la existencia de cambios en el indicador pH llevándolo de 5.900<sup>a</sup> inicial (moderadamente ácido) a neutro post experimento con 7.4617<sup>b</sup> haciendo una diferencia de- 1,5350. Respecto a la materia orgánica de un porcentaje medio con 3.7900<sup>c</sup> % hacía 4.6050<sup>d</sup>, haciendo una diferencia de 0,8150, con un porcentaje alto post experimento, esto con relación al incremento de los nutriente NPK.

Para mejor interpretación se muestra a continuación las figuras del comportamiento de los datos.

**Figura 6**

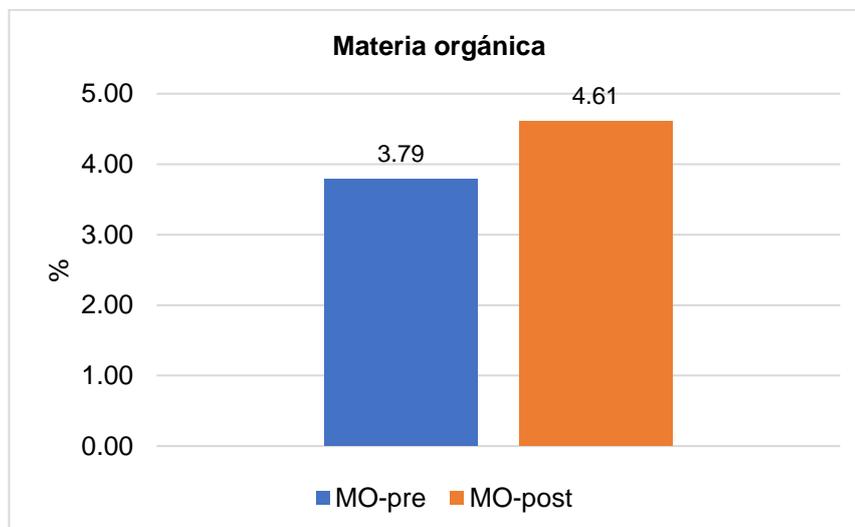
*Comportamiento del pH del suelo*



**Nota.** En la figura de barras se muestra para el pH inicial del suelo se muestra con un rango 5.90 (izquierda) moderadamente ácido, pasando a 7.46 (derecha) ligeramente alcalino, aunque en el ECA-suelo se menciona un rango aceptable de 6.5 hasta 8.5.

**Figura 7**

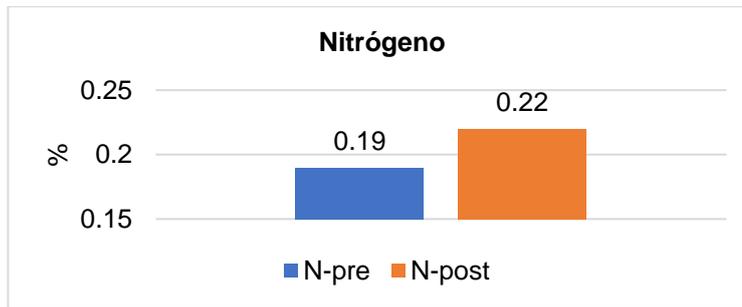
*Comportamiento de la materia orgánica del suelo*



**Nota.** En la figura de barras se muestra para la materia orgánica (M.O.) inicial tiene un rango medio con 3.79 % (izquierda), pasando a un rango 4.61 % (derecha) que se considera un rango alto.

**Figura 8**

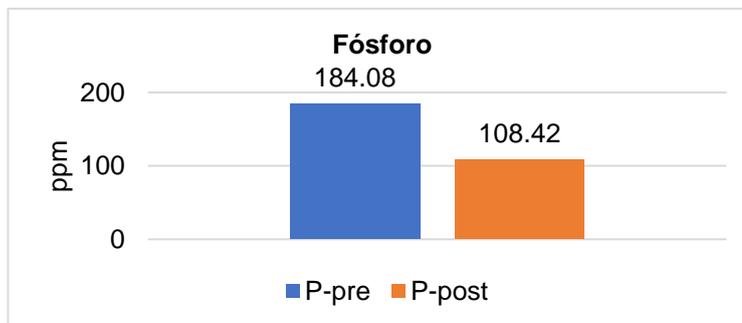
*Comportamiento del nitrógeno (N) del suelo*



**Nota.** En la figura de barras se muestra para el Nitrógeno el dato inicial muestra un 0.19 % (izquierda) es decir en un rango medio, posterior al experimento se llega a 0.22 % (derecha) lo cual es un rango alto. Lo que favorece a la M.O.

**Figura 9**

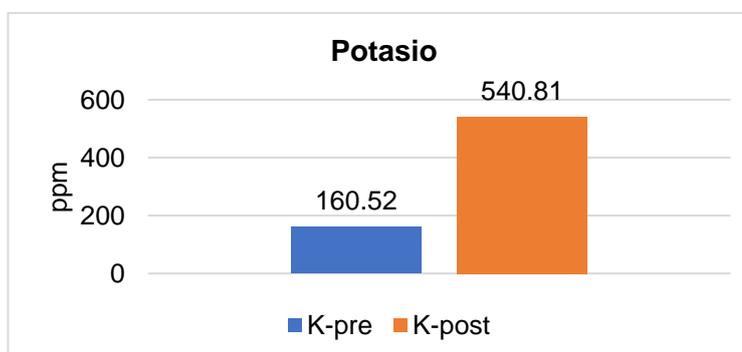
*Comportamiento del fósforo (P) del suelo*



**Nota.** En la figura de barras se muestra para el Fósforo, inicialmente muestra un 184.08 ppm (izquierda) es decir en un rango muy alto, posterior al experimento llega a 108.42 ppm (derecha) también un rango muy alto. Lo que no favorece a la M.O.

**Figura 10**

*Comportamiento del potasio (K) del suelo*



**Nota.** En la figura de barras se muestra para el Potasio, inicialmente muestra 160.52 ppm (izquierda) es decir en un rango medio, posterior al experimento se llega a 540 ppm (derecha) lo cual es un rango alto. Lo que favorece a la M.O.

**Tabla 8***Comportamiento de los metales pesados del suelo*

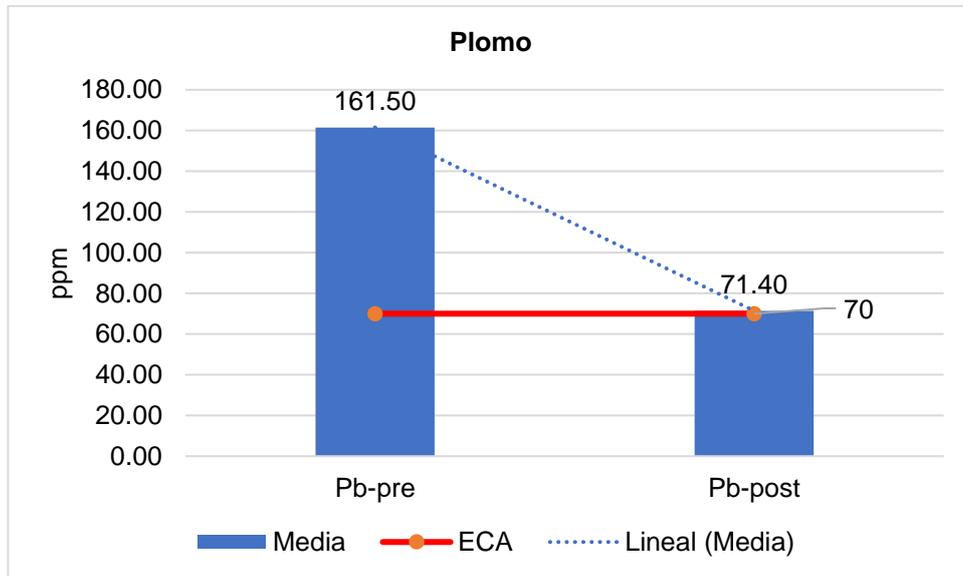
Datos	Medición	Media	E. estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				L. inferior	L. superior
<i>Metal pesado</i>	Pb-pre	161.5000 <sup>a</sup>	0,00000	161,5000	161,5000
	Pb-post	71.3967 <sup>b</sup>	0,86188	69,1811	73,6122
	<b>Diferencia</b>	<b>-90,1033</b>	<b>0,86188</b>	<b>-92,3189</b>	<b>-87,8878</b>
	Cd-pre	2,3000 <sup>c</sup>	0,00000	2,3000	2,3000
	Cd-post	0,5228 <sup>d</sup>	0,00142	0,5192	0,5265
	<b>Diferencia</b>	<b>1,7772</b>	<b>0,00142</b>	<b>1,7735</b>	<b>1,7808</b>

**Nota.** Se muestran los datos, interpretando la media de las pruebas de laboratorio. (E. = error & L. = límite). De la tabla 7 considerando la media de los datos se aprecia para plomo inicial 161.5<sup>a</sup> ppm reduciendo hasta 71,3967<sup>b</sup> ppm lo cuales están cerca de lo permitido por el ECA-suelo agrícola que acepta hasta 70 ppm, como también en cadmio con datos una media de 2.3000<sup>c</sup> ppm reduciendo hasta 0.5228<sup>d</sup> lo cual es dentro de lo permitido por el ECA-suelo agrícola que acepta hasta 1.4 ppm.

Para mayor y mejor interpretación se muestra a continuación las figuras 10 y 11 del comportamiento de los datos de los metales pesados (plomo y cadmio) antes y después del experimento con la fitorremediación (por fitoextracción) usando Palán Palán, los datos obtenidos en ambas mediciones se comparan con el ECA-suelo agrícola:

**Figura 11**

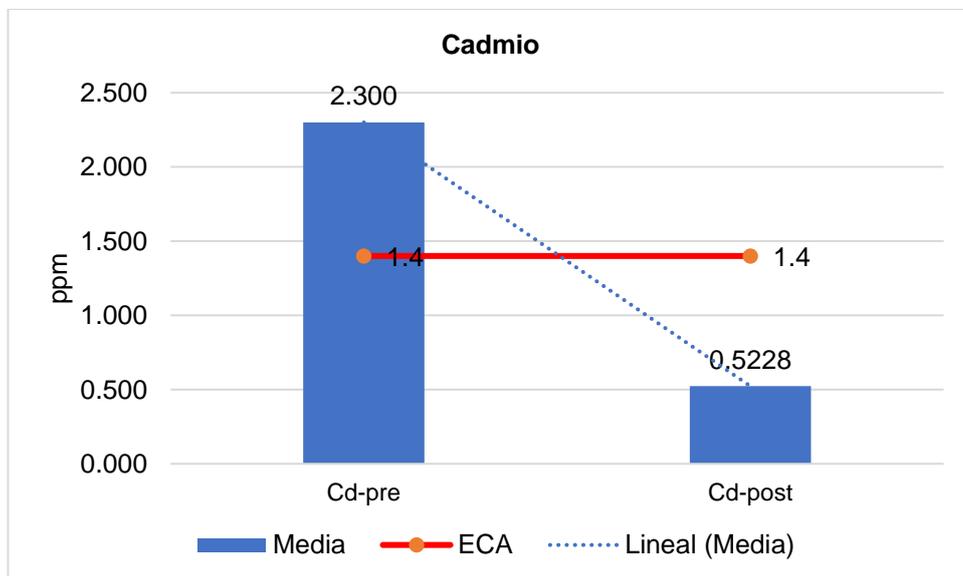
*Comportamiento del plomo (Pb)*



**Nota.** En la figura de barras se muestra la evidencia de la reducción de hasta 90,1033 ppm respecto al Pb, de la inicial 161.5 ppm (izquierda) reduciendo hasta 71,3967 ppm (derecha) lo cuales están cerca de lo permitido por el ECA-suelo agrícola que acepta hasta 70 ppm.

**Figura 12**

*Comportamiento del cadmio (Cd)*



**Nota.** En la figura de barras se muestra la evidencia de la reducción de hasta 1,7772 ppm respecto al Cd, de la inicial media de 2.3 ppm (izquierda) reduciendo hasta 0.52 (derecha) lo cual es dentro de lo permitido por el ECA-suelo agrícola que acepta hasta 1.4 ppm.

**Tabla 9***Datos de la caracterización del follaje (Palán Palán)*

<b>Características</b>					
N°	Humedad (%)	Materia seca (%)	Materia orgánica (%)	Cenizas (%)	N (%)
PE1	82.006	17.994	5.701	12.293	4.704
PE2	79.735	20.265	7.413	12.852	4.480
PE3	81.010	19.768	5.609	12.850	4.480
PE4	79.963	20.256	6.956	12.423	4.600
PE5	82.000	20.250	7.360	12.295	4.450
PE6	79.730	17.996	5.896	12.450	4.700

**Nota.** Se muestran los datos de las características del follaje post intervención (experimento) obtenidos de las pruebas de laboratorio. Se hizo una evaluación general de la planta es decir se evaluó una mezcla general de la raíz, tallo y hojas para su evaluación.

**Tabla 10***Datos de los metales pesados del follaje (Palán Palán)*

<b>Palán Palán (metales pesados)</b>						
N°	<b>Plomo (ppm)</b>	<b>Cadmio (ppm)</b>	Zinc (ppm)	Hierro (ppm)	Cobre (ppm)	Manganeso (ppm)
PE <sub>1</sub>	<b>55.273<sup>b</sup></b>	<b>0.276<sup>c</sup></b>	45.324	0.387	8.291	67.157
PE <sub>2</sub>	<b>68.510</b>	<b>0.245<sup>d</sup></b>	54.808	0.514	19.574	129.435
PE <sub>3</sub>	<b>68.515<sup>a</sup></b>	<b>0.263</b>	43.958	0.512	13.596	89.566
PE <sub>4</sub>	<b>56.980</b>	<b>0.251</b>	56.300	0.510	12.489	119.335
PE <sub>5</sub>	<b>55.457</b>	<b>0.275</b>	54.965	0.390	9.871	99.857
PE <sub>6</sub>	<b>68.888</b>	<b>0.249</b>	45.320	0.421	17.429	78.245
<b>Media</b>	62.271	0.260	50.113	0.456	13.542	97.266

**Nota.** Se presentan los datos de los metales pesados en estudio (Pb y Cd) además de otros metales del follaje post intervención (experimento) obtenidos de las pruebas de laboratorio. De la tabla 9 se aprecia que respecto a los metales en estudio se tiene el nivel más alto de Pb con 68.515<sup>a</sup> ppm y el mínimo con 55.273<sup>b</sup>, respecto al Cd en la planta ppm el porcentaje más alto con 0.276 ppm y el mínimo con 0.245<sup>d</sup> La presencia de estos metales en altas cantidades limita el desarrollo de las plantas, aunque algunas especies pueden tolerarlo por su capacidad de fitoacumulación como es el caso del Palán Palán. Además, se muestran otros microelementos (metales) como son el Zinc, Hierro, Cobre y Manganeso.

A continuación, se hace una comparación de comportamiento de datos del suelo y la acción de follaje.

**Tabla 11**

*Comportamiento de datos del suelo y la acción de follaje*

<b>Plomo inicial suelo (ppm)</b>	<b>Plomo final suelo (ppm)</b>	<b>Diferencia (ppm)</b>	<b>Plomo en el follaje (ppm)</b>	<b>Perdidos (ppm)</b>
161,5000	71,3967	90.1033 <sup>a</sup>	62.271 <sup>b</sup>	27.8323 <sup>c</sup>
100%	44.21%	55.79%	38.56%	17.23%
<b>Cadmio inicial suelo (ppm)</b>	<b>Cadmio final suelo (ppm)</b>	<b>Diferencia (ppm)</b>	<b>Cadmio en el follaje (ppm)</b>	<b>Perdidos (ppm)</b>
2,3000	0,5228	1,7772 <sup>d</sup>	0.260 <sup>e</sup>	1.5172 <sup>f</sup>
100%	22.73%	77.27%	11.30%	65.97%

**Nota.** Se muestra los datos antes y después del experimento en el suelo y la especie de planta usada. De la tabla 10 se muestra que de la diferencia del metal pesado plomo que es 90.1033<sup>a</sup> ppm, en el follaje es 62.271<sup>b</sup> ppm, es decir perdidos son 27.8323<sup>c</sup> ppm, para el cadmio la diferencia es 1,7772<sup>d</sup> ppm, en el follaje 0.260<sup>e</sup> ppm, perdidos 1.5172<sup>f</sup> ppm, estos datos perdidos para ambos metales pesados son debido a las lixiviaciones de riego sometido en el experimento.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

**Tabla 12**

*Prueba de normalidad de datos*

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
difePH	0,249	6	0,200*	0,858	6	<b>0,183</b>
difeCE	0,254	6	0,200*	0,866	6	<b>0,212</b>
difeMO	0,195	6	0,200*	0,861	6	<b>0,191</b>
difeN	0,263	6	0,200*	0,823	6	<b>0,093</b>
difeP	0,183	6	0,200*	0,900	6	<b>0,373</b>
difeK	0,226	6	0,200*	0,822	6	<b>0,091</b>
difePb	0,216	6	0,200*	0,853	6	<b>0,165</b>
difeCd	0,292	6	0,121	0,827	6	<b>0,101</b>

**Nota.** \*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de significación de Lilliefors. En la tabla 11 Considerando los grados de libertad (gl) que son 6 se considera la prueba de normalidad de “Shapiro-Wilk” en la que al considera el p-Valor que es 0.05, la significancia bilateral (Sig.) para todos los indicadores analizados, superan ese dato, por lo que se considera que cumplen el supuesto de normalidad y para la prueba de hipótesis se usa una prueba paramétrica, para este caso T-student.

Para el contraste de hipótesis se tiene planteada lo siguiente:

**H1:** El Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) tiene la capacidad para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Pichipampa - Huánuco.

**H2:** El Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) no tiene la capacidad para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Pichipampa - Huánuco.

Considerando que:

Intervalo de confianza = 95% (0.05)

Prueba estadística paramétrica = t-estudent

**Tabla 13**

*Prueba t para una muestra*

Prueba para una muestra			
Inicial-final	t	gl	Sig. (bilateral)
pH pre – pH post	-55,988	5	<b>0,000</b>
CE pre – CE post	1388,355	5	<b>0,000</b>
MO pre – MO post	144,829	5	<b>0,000</b>
N pre – N post	4,781	5	<b>0,005</b>
P pre – P post	-121,315	5	<b>0,000</b>
K pre – K post	35,470	5	<b>0,000</b>
Pb pre – Pb post	-104,543	5	<b>0,000</b>
Cd pre – Cd post	1248,010	5	<b>0,000</b>

**Nota.** De la tabla 12 considerando la Sig. (bilateral), al considerar el P-valor (0.05), cada indicador analizado fluctúa por debajo. Es decir, en cada indicador evaluado el Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) tuvo efecto y con ello la reducción de los metales pesados evaluados.

Se aprecia de la tabla 12 que existe diferencia significativa entre el pre y post análisis, respecto a la remoción de metales pesados (plomo y cadmio), por ello se considera aprobar la hipótesis alterna, y rechazar la hipótesis nula.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Considerando la evaluación de la capacidad del Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, se aprecia que el follaje es capaz de desarrollarse en medio de un suelo contaminado con presencia de metales, puesto que los datos iniciales del suelo evaluado muestran exceso de presencia de plomo y cadmio y post experimento (fitorremediación) redujeron su presencia, por lo que la especie cumple con la fitoextracción, sin embargo, Ugalde & Adalberto (2019) mencionan de su investigación que la especie *Nicotiana glauca* G. tiende a translocar los metales pesados hacia el espacio aéreo, es decir lo que realiza esta especie es la fitovolatilización de los elementos tóxicos, además que esta especie tiene mayor adsorción de metales pesados a diferencia de otras especies comparadas. La acción de traslocación es también mencionada por Falcon (2017) de su investigación en la que el *Zea mays* L. tuvo la misma acción aunque menor proporción para los mismos metales pesados.

De la evaluación del porcentaje inicial de 161.5 ppm reduciendo hasta 71,3967 ppm lo cuales están cerca de lo permitido por el ECA-suelo agrícola que acepta hasta 70 ppm, es decir, una reducción del 44.21% del total. Y del cadmio inicial media de 2.3 ppm reduciendo hasta 0.52 lo cual está dentro de lo permitido por el ECA-suelo agrícola que acepta hasta 1.4 ppm. es decir, una reducción del 22.61% del total. Con rangos parecido a otra especie usada por Ramírez et al. (2019) con la especie *Ambrosia ambrosioides* teniéndolo por indicativo que efectuó una alta fitoextracción y que la planta puede ser aplicada en fitorremediación y recuperación de los suelos.

De la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del suelo se mantiene en Franco arenoso antes y después del tratamiento, respecto al pH inicial del suelo se muestra con un rango 5.90 moderadamente ácido, pasando a 7.46 ligeramente alcalino, aunque en el ECA-suelo se menciona un rango aceptable de 6.5 hasta 8.5. De la materia orgánica inicial tiene un

rango medio con 3.79 %, pasando a un rango 4.61 % con un rango alto. El nitrógeno inicial muestra un 0.19 % es decir en un rango medio, posterior al experimento se llega a 0.22 % lo cual es un rango alto. El fósforo inicial muestra un 184.08 ppm es decir en un rango muy alto, posterior al experimento llega a 108.42 % también un rango muy alto. El potasio inicial muestra un 160.52 ppm es decir en un rango medio, posterior al experimento se llega a 540 ppm lo cual es un rango alto.

De la evaluación de la concentración de plomo y cadmio en hojas, tallos y raíces del Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) se muestra que una media de 62.271 ppm, es decir un 38% y para cadmio 0.260 ppm, es decir un 11.30%, la presencia de estos en altas cantidades limita el desarrollo de las plantas, aunque algunas especies pueden tolerarlo por su capacidad de fitoacumulación como es el caso del Palán Palán. Esto se explica con lo que mencionan Álvarez & Farfán (2019) puesto que la exposición de la especie que usaron (*girasol*) en una concentración moderada de cadmio pudo generar formaciones anormales en la flor. Sin embargo, la especie estudiada (*Nicotiana glauca* G.) no es una especie de consumo por lo que sería más factible su uso para fitorremediación a diferencia de lo mencionado por Fonseca (2021) en la que evaluó especies comestibles como *Colocacia esculenta* (pituca); *Solanum topiro* (cocona) y *Eryngium foetidum* (sacha culantro) las que tienen mayores biodisponibilidad en fitoextraer metales pesados presentes en el suelo debido a su dinamismo y movilidad.

## CONCLUSIONES

- Del objetivo general; el Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) tiene la capacidad de fitoextraer metales pesados, puesto que se evaluaron también Zinc 50.113 ppm, hierro 0.456 ppm, cobre 13.542 y manganeso 97.266 ppm, además de estabilizar las características del suelo, y al ser comparados con el ECA-suelo agrícola se encuentran dentro de lo permitido.
- Del objetivo específico evaluar las concentraciones de metales pesados (plomo y cadmio) en hojas, tallos y raíces de *Nicotiana glauca* G. se muestra que una media de 62.271 ppm, (38.56%) y para cadmio 0.260 ppm, (11.30%) la presencia de estos metales en altas cantidades causó algunos defectos en las hojas y tallos de la planta limitando su el desarrollo normal.
- Del objetivo específico evaluar el porcentaje inicial y final de plomo en el suelo inicial 161.5 ppm reduciendo hasta 71,3967 ppm lo cuales están cerca de lo permitido por el ECA-suelo agrícola que acepta hasta 70 ppm, como también en cadmio con datos una media de 2.3 ppm reduciendo hasta 0.52 lo cual es dentro de lo permitido por el ECA-suelo agrícola que acepta hasta 1.4 ppm, con lo que se aprecia la fitoextracción de la planta evaluada.
- Del objetivo específico evaluar los parámetros físico-químicos del suelo antes y después del tratamiento, la acción de la planta mantiene el tipo textural, neutraliza el pH y mejora la materia orgánica.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que:

- Para el área contaminada por residuos sólidos en Marabamba – Pichipampa, gestionar la recuperación del mismo siguiendo los lineamientos establecidos por el Ministerio de Economía y Finanzas.
- La siembra de la especie Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) para suelos contaminados con metales pesados.
- En el experimento controlar el riego y la calidad del agua para la reducción de lixiviados.
- La siembra de la especie Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.) requiere profundidad por el tipo de raíz columnar.
- Los experimentos de fitorremediación a pequeña escala realizarlos dentro de un invernadero evitando la polución de enfermedades a la planta.
- A las autoridades universitarias e involucradas en investigaciones, promover que se trabaje en temas que afecten el ambiente y la ampliación de conocimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, A. (2019). ¿Dónde va nuestra basura? [Diapositiva]. Informe Defensorial N° 181, Perú. <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2019/11/PPT-Informe-Defensorial-181.pdf>
- Álvarez Pérez, I., & Farfán, R. S. (2019). Prueba piloto para la fito extracción de cadmio usando *Helianthus annuus* en un suelo proveniente de la vereda El Zaden – Mesitas del Colegio [Universidad de La Salle]. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1158](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1158)
- Aparicio, V., De Gerónimo, E., Hernández, K., Pérez, D., Portocarrero, R., & Vidal, C. (2015). Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente (1 a ed.). INTA.
- Banegas, N. (2014). Calidad y Salud del Suelo. 6.
- Bernales, C. (2010). Metodología de la Investigación (Tercera Edición). PEARSON EDUCACIÓN.
- DIGESA. (2004). Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Relleno\\_sanitario.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Relleno_sanitario.pdf)
- Espejo, R. (2016). La Agricultura de Conservación, herramienta para potenciar el papel del suelo como sumidero de CO<sub>2</sub> atmosférico y defender a los suelos agrícolas de la erosión (Primera edición, Vol. 1). Agricultura de Conservación. [http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/STs%202016/1998972102\\_doc\\_REspejo.pdf](http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/STs%202016/1998972102_doc_REspejo.pdf)
- Falasca, S. L., & Ulberich, A. C. (2014). La maleza *Nicotiana glauca* (Graham) como cultivo energético en sectores áridos y semiáridos de Argentina. 1(15), 21. <https://doi.org/10.21704/za.v15i1.113>
- Falcon Estrella, J. V. (2017). Fitoextracción de metales pesados en suelo contaminado con *Zea mays* L. en la Estación Experimental El

Mantaro—Junín en el año 2016. [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4611>

FAO. (2021). Definiciones | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

Fonseca Melgarejo, J. A. (2021). Metales pesados (Cd<sup>++</sup>, Pb<sup>++</sup>) en granos de cacao (*Theobroma cacao*) y la fitoextracción de cultivos en callejones, valle del Alto Huallaga – Perú [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6885>

González, P. (2018). Elementos abióticos, bióticos y antrópicos. UF0732. Tutor Formación.

Guillermo, L. (2011). Edafología 1 (Primera edición). <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

Iturbe, R. (2010). ¿Qué es la Biorremediación? (Primera Edición, Vol. 11). [http://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciabolet/cb\\_11.pdf](http://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciabolet/cb_11.pdf)

Jiménez, R. (2017). Introducción a la contaminación de suelos. Mundi-Prensa Libros.

Lerma, H. D. L. (2009). Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto (Cuarta Edición). Ecoe Ediciones.

Lerma, H. D. L. (2016). Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto (Quinta Edición). Ecoe Ediciones.

Mentaberry, A. (2011). Fitorremediación. 63.

Meter, A., Atkinson, R., & Laliberte, B. (2019). Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe – Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación. Bioversity International. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1505>

- Montano, Y., Tapia, P., Fow, A., & Fuentealba, B. (2022). La fitorremediación; Una alternativa para tratar la contaminación ambiental. Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña - Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/handle/16072021/446>
- Moreno, H., Blanquer, J., & Ibáñez, S. (2010). El Color del Suelo. 7.
- Navarro García, G. (2003). Química agrícola: El suelo y los elementos químicos: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal (Segunda edición). Editorial Paraninfo.
- Núñez, R., Vong, Y., Ortega, R., & Olgúin, E. (2004). Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones. 15.
- Ramírez, R., García, M., Álvarez, V., González, G., & Hernández, V. (2019). Potencial fitorremediador de la chicura (*Ambrosia ambrosioides*) en suelos contaminados por metales pesados | Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1731>
- Rosato, V. G., & Lofeudo, R. (2010). Patologías en muros de construcciones históricas ocasionadas por vegetación invasiva. 20.
- Rubio, C., Gutiérrez, A. J., Izquierdo, R. E. M., Revert, C., Lozano, G., & Hardisson, A. (2004). El plomo como contaminante alimentario. *Revista de Toxicología*, 21(2–3), 72–80.
- Ugalde, V. T., & Adalberto, H. (2019). Biorremediación de jales con presencia de metales pesados en la comunidad San Jerónimo Taviche [Instituto Politécnico Nacional]. [http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER\\_CIIDIROAX/527](http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/527)
- Valverde Apfata, N. C. (2019). Evaluación de *Pelargonium zonale* para fitoextraer plomo de suelos agrícolas en El Mantato—Jauja

[Universidad Nacional del Centro del Perú].  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6087>

Vega, L. (2020). Efecto de métodos físico-químicos y biológicos en el contenido de cadmio en plantas de pimiento (*Capsicum Annuum*) y cacao orgánico (*Theobroma Cacao* L.) en suelos contaminados con metales pesados. [Universidad Nacional Hermilio Valdizán].  
<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/6279>

Velásquez, J. (2003). EL SUELO Avanzar sin destruir, Producir sin degradar. 19.

Vilcapoma, D. (2019). Fitoextracción de cadmio y zinc en suelos contaminados utilizando *Lactuca sativa* var. White Boston, en la Estación Agropecuaria Experimental El Mantaro—Junín 2019 [Universidad Nacional del Centro del Perú].  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5460>

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Paredes Tello, E. (2023) *Evaluación de la capacidad del palán palán (Nicotiana glauca G.) Para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Pichipampa, Huánuco, 2022* [Tesis de postgrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Resolución de designación del asesor



**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
<http://www.udh.edu.pe>

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**Escuela de Posgrado**

#### RESOLUCIÓN N° 268-2022-D-EPG-UDH Huánuco, 23 de junio de 2022

Visto, el Oficio N° 044-2022-UPGI-UDH, de fecha 22 de junio de 2022, presentado por el Jefe de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mg. Johnny P. Jacha Rojas, quien solicita Designación de Asesor a petición del graduando **PAREDES TELLO, Erick Elías**, de la Maestría en Ingeniería con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

#### CONSIDERANDO:

Que, el recurrente viene desarrollando su proyecto de tesis para lo cual solicita la designación de asesor de tesis;

Que, el recurrente solicita la designación de asesor, proponiendo a la Mg. Zulema Llange Nieves como Asesora de Tesis, en concordancia con el Art. 22° del Reglamento General de Grados de Maestría y Doctorado;

Que, adjunta para su trámite el comprobante de pago, de fecha 17/06/2022, por asesoría de tesis y derecho de trámite; y,

Estando a las atribuciones conferidas a cargo del Director de la Escuela de Posgrado de la Universidad de Huánuco, con cargo a dar cuenta al Consejo Directivo.

#### SE RESUELVE:

**Artículo Único.- Designar a la Mg. Zulema LLANGE NIEVES**, como Asesora de Tesis del graduando **PAREDES TELLO, Erick Elías**, de la Maestría en Ingeniería con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible; en la Escuela de Posgrado de la Universidad de Huánuco.

Regístrese, comuníquese y archívese.

Dr. Venancio Victor Domínguez Condezo  
DIRECTOR EPG

Mg. Maximiliano Cruz Huacachino  
SECRETARIO DOCENTE

Distribución: Rectorado/Vicerrectorado/UPGI/OMR/Asesora/Interesado/File Personal/Archivo.  
VDC/bld

## Anexo 2

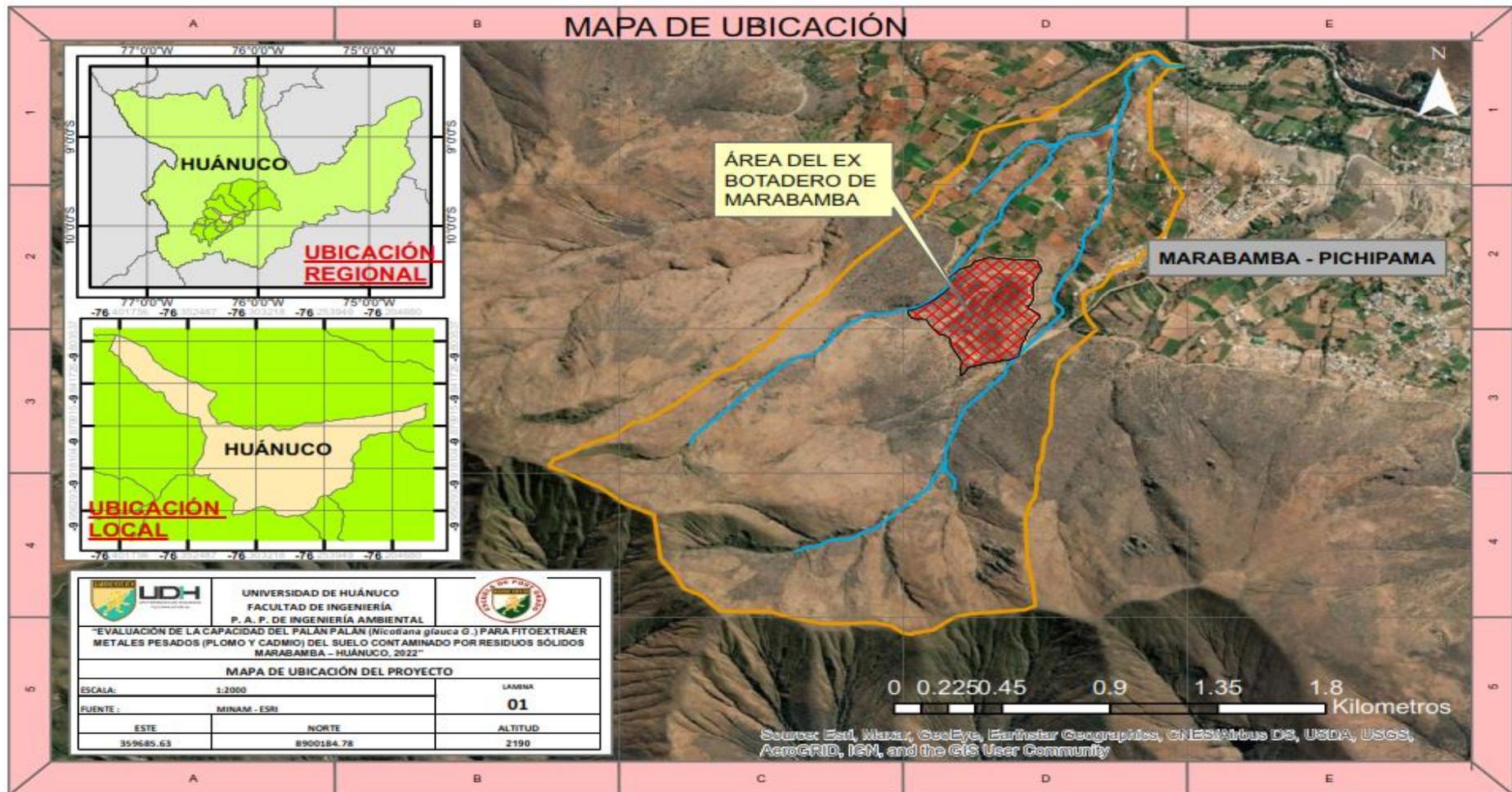
### Matriz de consistencia

**Título:** “Evaluación de la capacidad del palán palán (*Nicotiana glauca* G.) para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Pichipampa, Huánuco”

Problema principal	Objetivo principal	Hipótesis principal	Variables/Indicadores	Metodología
¿Cuál es la capacidad del Palán Palán ( <i>Nicotiana glauca</i> G.) para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos?	Evaluar la capacidad del Palán Palán ( <i>Nicotiana glauca</i> G.) para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos	El Palán Palán ( <i>Nicotiana glauca</i> G.) tiene la capacidad para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos	<p><b>Independiente:</b></p> <p>Fitoextracción con <i>Nicotiana glauca</i> G.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas</li> <li>• Tallo</li> <li>• Raíz</li> </ul>	<p><b>Tipo:</b> Experimental, el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo, parte de un problema bien definido por el investigador.</p>
<b>Problemas secundarios</b>	<b>Objetivos secundarios</b>			
¿Cuál es la concentración de metales pesados (plomo y cadmio) en hojas, tallos y raíces de <i>Nicotiana glauca</i> ?	Evaluar la concentración de metales pesados (plomo y cadmio) en hojas, tallos y raíces de <i>Nicotiana glauca</i> G.	El Palán Palán ( <i>Nicotiana glauca</i> G.) no tiene la capacidad para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos	<p><b>Dependiente:</b></p> <p>Metales pesados de suelo contaminado por residuos sólidos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plomo</li> <li>• Cadmio</li> </ul>	<p><b>Nivel:</b> Explicativo, tratando de encontrar una explicación del fenómeno en cuestión</p> <p><b>Diseño:</b> <b>GE: A O<sub>1</sub> X O<sub>2</sub></b></p>
¿Cuál es el porcentaje inicial y final de plomo y cadmio en el suelo?	Evaluar el porcentaje inicial y final de plomo y cadmio en el suelo.		Parámetros fisicoquímicos	<b>Población:</b> suelo contaminado por residuos sólidos del ex botadero de Marabamba.
¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del suelo antes y después del tratamiento?	Evaluar los parámetros fisicoquímicos del suelo antes y después del tratamiento.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura</li> <li>• pH</li> <li>• CE</li> <li>• MO</li> </ul>	<b>Muestra:</b> En un total de 50 kg de suelo.

### Anexo 3

### Mapa satelital de la ubicación del proyecto



## Anexo 4

### Resultados de los análisis de laboratorio

Análisis inicial del suelo (pre experimento)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531  
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)

## ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: PAREDES TELLO ERICK ELIAS										PROCEDENCIA: PICHIPAMPA - MARABAMBA																									
N°	DATOS		ANALISIS MECANICO			pH	CE	M.O.	N	P	K	Pb	Cd	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%											
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo										Textura	1:1	dS/m	%	%	disponible					total	Ca	Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al	
			%	%	%															ppm															ppm
1	S1744-1	PM1 (30 cm)	71	12	17	Arena Franca	4.58	1.726	4.05	0.20	196.95	165.16	199.00	2.53	—	3.42	0.50	0.347	0.135	2.15	0.25	6.80	65	35	32										
2	S1744-2	PM2 (30 cm)	71	12	17	Arena Franca	7.21	1.413	3.52	0.18	171.20	155.88	124.00	2.08	8.52	7.02	1.04	0.326	0.130	0.00	0.00	—	100	0	0										

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
RECIBO 001 N° 0662715  
TINGO MARIA, 10 DE NOVIEMBRE 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
*Hugo Alfredo Huamani Yupanqui*  
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI  
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

## Análisis final del suelo (post experimento)



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera central Km 1.21 – Tingo María – CELULAR 944407537  
Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología  
[analisisdesueosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesueosunas@hotmail.com)



## ANÁLISIS DE SUELOS

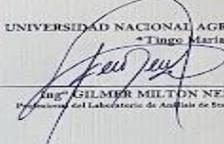
**1. DATOS**

SOLICITANTE:	ERICK ELIAS PAREDES TELLO	MUESTREADO POR:	ERICK ELIAS PAREDES TELLO
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN:	13/05/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	16/05/2023
DISTRITO:	HUANUCO	FECHA DE REPORTE:	25/05/2023
SECTOR:	---	RECIBO O FACTURA:	23006831
CULTIVO:	---	OBSERVACIÓN:	---

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO**

N°	DATOS CODIGO DEL LAB.	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CE dS/cm	M.O.	N	C	P	K	Pb	Cd	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	CAMBIABLES		Saturación de aluminio
		Arena	Arcilla	Limo	Clase																		Bases	Ácidos	
		%	%	%	Textural																		1:1	1:1	
1	50787	70	15	15	Franco Arenoso	7.50	10.100	4.59	0.23	2.662	110.42	564.2	73.60	0.520	26.123	17.747	3.603	2.782	1.991	0.00	0.00	...	100	0	0
2	50788	70	17	13	Franco Arenoso	7.50	10.100	4.62	0.23	2.680	105.88	505.65	69.24	0.528	21.319	13.290	3.513	2.633	7.883	0.00	0.00	...	100	0	0
3	50789	69	16	15	Franco Arenoso	7.41	10.100	4.6	0.22	2.640	130.00	560.1	73.54	0.523	23.258	13.285	3.561	2.357	4.254	0.00	0.00	...	100	0	0
4	50790	69	17	14	Franco Arenoso	7.48	10.100	4.59	0.20	2.600	106.80	505.7	70.40	0.520	21.298	13.589	3.593	2.654	2.873	0.00	0.00	...	100	0	0
5	50791	67	17	16	Franco Arenoso	7.45	10.100	4.61	0.20	2.660	108.42	543	72.60	0.526	25.578	14.989	3.471	2.614	6.251	0.00	0.00	...	100	0	0
6	50792	70	15	15	Franco Arenoso	7.43	10.100	4.62	0.22	2.678	108.00	564.2	69.00	0.520	26.100	17.247	3.327	2.176	2.223	0.00	0.00	...	100	0	0

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
Ing. GILMER MILTON NEIRA TRUJILLO  
Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPAQUI  
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

## Análisis del follaje Palán Palán (*Nicotiana glauca* G.)



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Carretera central Km 1.21 – Tingo María – CELULAR 944407537  
Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología  
[analisisdesueosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesueosunas@hotmail.com)



### ANÁLISIS ESPECIAL

**3. DATOS**

SOLICITANTE:	ERICK ELIAS PAREDES TELLO	MUESTREADO POR:	ERICK ELIAS PAREDES TELLO
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN:	15/05/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	16/05/2023
DISTRITO:	HUANUCO	FECHA DE REPORTE:	22/05/2023
LOCALIDAD:	...	RECIBO O FACTURA:	23006926
MUESTRA:	FOLIAR	OBSERVACIÓN:	...

**4. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO**

N°	DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS EN BASE HÚMEDA					RESULTADOS EN BASE SECA												
	Código del Lab.	Referencia	Humedad Hd (%)	Materia seca (%)	Materia orgánica (%)	Cenizas (%)	N (%)	Materia orgánica (%)	Cenizas (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)
1	E0069	FOLIAR 1	82.006	17.994	5.701	12.293	4.704	31.683	68.317	0.555	2.826	1.011	0.091	2.243	45.324	0.387	8.291	67.157	0.276	55.273
2	E0070	FOLIAR 2	79.735	20.265	7.413	12.852	4.480	36.579	63.421	0.524	5.814	1.749	0.069	2.507	54.808	0.514	39.574	129.435	0.245	68.510
3	E0071	FOLIAR 3	81.010	19.768	5.609	12.850	4.480	35.457	67.149	0.533	3.248	1.457	0.056	2.324	43.958	0.512	33.596	89.566	0.263	68.515
4	E0072	FOLIAR 4	79.963	20.256	6.956	12.423	4.600	33.241	68.112	0.526	4.127	1.289	0.042	2.331	56.300	0.510	12.489	119.335	0.251	56.980
5	E0073	FOLIAR 5	82.000	20.250	7.360	12.295	4.450	31.058	65.243	0.544	5.241	1.657	0.038	2.496	54.965	0.390	9.871	99.857	0.275	55.457
6	E0074	FOLIAR 6	79.730	17.996	5.896	12.450	4.700	34.228	67.553	0.498	3.142	1.234	0.054	2.345	45.320	0.421	17.429	78.245	0.249	68.888

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María



Ing. GILMER MILTON NEIRA TRUJILLO  
Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María



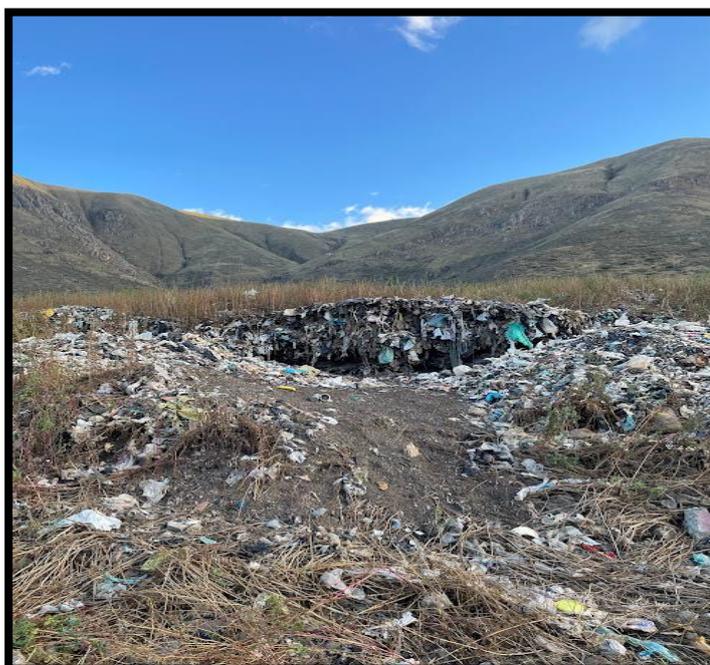
Dr. HUGO PÉREZ HUAMANI YUPAQUI  
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

**Anexo 5**  
**Panel fotográfico**

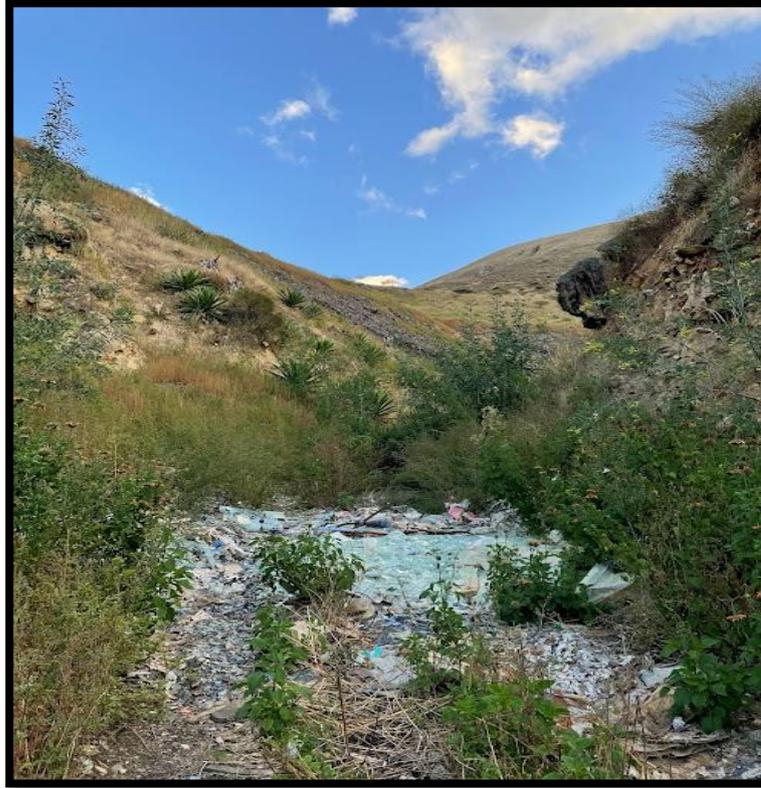
Reconocimiento del área en estudio



Identificación del problema en el área de estudio



Problemas externos que empeoran la situación del área en estudio



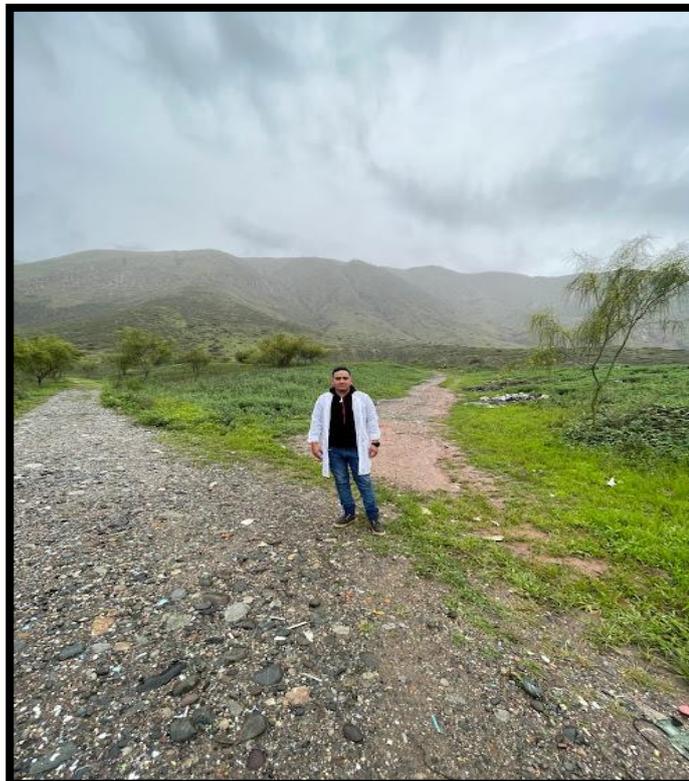
Ubicación de los puntos de muestreo



Obtención de las primeras muestras (pre experimento)



Visita de área en estudio en época de lluvias



## Construcción del invernadero para el experimento



## Crecimiento del follaje del Palán Palán



Tamaño promedio de las plantas



Muestreo final del suelo y el follaje (raíz en forma y dirección del macetero)



Etiquetado y rotulado de las muestras del follaje para ser enviado al laboratorio



Etiquetado y rotulado de las muestras del follaje para ser enviado al laboratorio

