

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTA DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Niveles de contenido de metales pesados en la col serrana  
(*Brassica sp*) en suelos contaminados en el distrito de Yanacancha-  
Pasco**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

**Bach. Jhan Ghardy PAITAN GILIAN**

**Asesor:**

**Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA**

**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTA DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Niveles de contenido de metales pesados en la col serrana  
(*Brassica sp*) en suelos contaminados en el distrito de Yanacancha-  
Pasco**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Lucio ROJAS VÍTOR**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. José Luis SOSA SÁNCHEZ**  
**MIEMBRO**

---

**M Sc. Edgar Walter PÉREZ JUZCAMAYTA**  
**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 190-2023-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Niveles de contenido de metales pesados en la col serrana  
(Brassica sp) en suelos contaminados en el distrito de  
Yanacancha-Pasco**

Apellidos y nombres de los tesisistas:  
**Bach. PAITAN GILIAN, Jhan Ghardy**

Apellidos y nombres del Asesor:  
**Dr. PACHECO PEÑA, Luis Alberto**

Escuela de Formación Profesional  
**Ingeniería Ambiental**

Índice de Similitud  
**28%**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 9 de enero del 2024

  
UNDA UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
**Luis Villa Reguis Carbajal**  
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicada a toda mi familia que estuvieron acompañándome, dándome palabras de apoyo en todo momento y por la motivación constante que me ayudo hacer una mejor persona, ellos son la mejor motivación para seguir adelante y no rendirme, gracias a ellos he podido terminar una de mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por brindarme sus valores, sus palabras de motivación ,su perseverancia en todo y su apoyo incondicional, a mi abuela por brindarme su cariño y amor para seguir avanzando y cumpliendo cada objetivo que me propuse, a mis tíos que desde niño hasta ahora me dan consejos que me ayudan hacer mejor persona cada día y a nunca rendirme y en especial a mi tía Karim que sin las jaladas de oreja que me dio este trabajo no se hubiera realizado, a los docentes con quien tuve el gusto de aprender de ellos durante esos años que duro la carrera , Asimismo, quiero agradecer sinceramente a mi asesor, el Dr. Luis Alberto Pacheco Peña, y a los distinguidos jurados calificadores: Mg. Lucio Rojas Vitor, Mg. Jose Luis Sosa Sanchez y Mg Sc. Edgar Walter Pérez Juzcamayta, por su inestimable contribución que ha sido fundamental en la culminación exitosa de mi trabajo de tesis y gracias a su apoyo que he podido culminar una de mis metas, aquí es donde termina una y empieza otra etapa de mi vida donde seguiré caminando y esforzándome para cumplir cada uno de mis sueños que tuve desde pequeño.

A todos, muchas gracias.

## RESUMEN

La creciente emisión de sustancias contaminantes en el ambiente, provenientes de diversas fuentes como actividades industriales, mineras, agropecuarias, artesanales y domésticas, plantea una seria amenaza para la vida en la Tierra. Estos compuestos representan un riesgo tanto para los seres vivos como para el entorno natural. En este contexto, se han buscado métodos para mitigar el impacto ambiental, ya que las soluciones convencionales suelen ser costosas y pueden causar daños irreparables a las propiedades del suelo, el agua y la vida que depende de ellos. En un esfuerzo por abordar este problema, se realizó un estudio que evaluó los niveles de metales pesados en la col serrana (*Brassica spp*) como indicador de la contaminación del suelo. Los resultados revelaron que los niveles de metales varían significativamente en diferentes partes de la planta. Mientras que el cadmio y el plomo estaban dentro de los límites permitidos en algunas partes, el cobre y el zinc superaban los límites en todas las partes analizadas. El manganeso, aunque no regulado específicamente, presentó niveles extremadamente altos en las raíces. Estos hallazgos plantean preocupaciones sobre la seguridad alimentaria y la gestión de la calidad del suelo en áreas afectadas por la contaminación de metales pesados, subrayando la necesidad de abordar esta problemática de manera efectiva y sostenible.

**Palabras Claves:** Metales Pesados, Col Serrana, *Brassica spp*, Minería.

## ABSTRACT

The increasing emission of pollutants into the environment from various sources, such as industrial, mining, agricultural, artisanal and domestic activities, poses a serious threat to life on Earth. These compounds pose a risk to both living beings and the natural environment. In this context, methods have been sought to mitigate the environmental impact, as conventional solutions are often costly and can cause irreparable damage to the properties of soil, water and the life that depends on them. In an effort to address this problem, a study was conducted that evaluated heavy metal levels in serrano cabbage (*Brassica sp*) as an indicator of soil contamination. The results revealed that metal levels vary significantly in different parts of the plant. While cadmium and lead were within permissible limits in some parts, copper and zinc exceeded the limits in all parts tested. Manganese, although not specifically regulated, showed extremely high levels in the roots. These findings raise concerns about food safety and soil quality management in areas affected by heavy metal contamination, underscoring the need to address this issue in an effective and sustainable manner.

**Keywords:** Heavy Metals, Serrano cabbage, *Brassica sp*, Mining.

## INTRODUCCIÓN

Se llevó a cabo una investigación en una zona contaminada para analizar la capacidad de la planta conocida como col serrana para retener metales pesados, como plomo y cadmio, en su biomasa. Los resultados mostraron que la col serrana tenía la capacidad de acumular estos metales en sus tejidos, lo que la convierte en una candidata prometedora para la fitoacumulación y descontaminación de suelos. Los investigadores encontraron que la calidad de la col serrana, medida en términos de contenido nutricional y características organolépticas, se veía afectada negativamente por niveles más altos de metales pesados en el suelo, lo que tiene implicaciones en la seguridad alimentaria (García J, 2022)

En el sector minero se llevó a cabo un estudio para evaluar la capacidad de la col serrana para la fitoestabilización de suelos altamente contaminados con metales pesados, como plomo y cobre. Los resultados indicaron que la col serrana contribuía a la reducción de la movilidad de los metales en el suelo, lo que ayuda a prevenir la dispersión y la contaminación de fuentes de agua subterránea, y referido a la capacidad de acumular metales pesados un estudio analizó varias variedades de brassicas para determinar la mejor acumulación metales pesados y su aptitud para suelos contaminados. Se descubrió que algunas variedades eran más eficientes en la acumulación y tolerancia a metales pesados que otras, lo que sugiere la importancia de seleccionar variedades adecuadas para la fitoestabilización y fitorremediación.

Por último, otro estudio en un invernadero investigó la capacidad de la col serrana para bioacumular metales pesados en condiciones controladas. Los resultados proporcionaron información sobre cómo la concentración de metales pesados en el suelo afectaba la acumulación en diferentes partes de la planta, lo que es fundamental para comprender su capacidad de fitoextracción.

Por otra parte el problema de los niveles de contenido de metales pesados en la col serrana (*Brassica sp*) en suelos contaminados es una preocupación creciente

debido a los riesgos para la salud humana y la calidad ambiental. La col serrana, como muchas otras plantas, tiene la capacidad de acumular metales pesados, como plomo, cadmio, cobre y zinc, en sus tejidos. Cuando se cultiva en suelos contaminados, estas plantas pueden absorber y acumular cantidades significativas de metales pesados.

Además, la contaminación del suelo con metales pesados puede tener un impacto negativo en los ecosistemas y la biodiversidad. Por lo tanto, abordar el problema de los niveles de metales pesados en la col serrana.

La investigación y la implementación de estrategias de gestión adecuadas son fundamentales para abordar esta preocupación y mitigar los impactos negativos, por lo mencionado motivo al desarrollo de la presente investigación con el propósito de determinar los niveles de contenido de metales pesados en la col serrana (*Brassica spp*) en sus condiciones normales, sembrados en las áreas verdes o huertos del Distrito de Yanacancha, Provincia de Pasco.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE FIGURAS	

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	4
1.3. Formulación del problema.....	6
1.4. Formulación de Objetivos. ....	7
1.5. Justificación de la investigación .....	7
1.6. Limitaciones de la investigación.....	9

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	11
2.2. Bases teóricas- científicas .....	18
2.3. Definición de términos básicos .....	30
2.4. Formulación de hipótesis .....	33
2.5. Identificación de las variables .....	33
2.5.2. Variable independiente.....	33
2.5.2. Variable dependiente.....	33
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	33

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de Investigación .....	35
3.2. Nivel de Investigación .....	35
3.3. Métodos de investigación .....	36
3.4. Diseño de investigación .....	38
3.5. Población y muestra .....	39
3.5.1. Población .....	39
3.5.2. Muestra .....	39
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	39
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación. ....	39
3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos .....	40
3.9. Tratamiento estadístico.....	40
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	41

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	42
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	43
4.3. Prueba de Hipótesis.....	48
4.4. Discusión de resultados.....	48

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas geográficas .....	6
Tabla 2	<i>Clasificación Taxonómica de la especie</i> .....	28
Tabla 3	Operacionalización de las variables .....	34
Tabla 4	<i>Tratamiento y muestra</i> .....	40
Tabla 5	<i>Análisis de laboratorio de la muestra</i> .....	47
Tabla 6	<i>Prueba de hipótesis para LMP de Cadmio</i> .....	47
Tabla 7	<i>Prueba de hipótesis para el LMP Plomo</i> .....	48
Tabla 8	<i>Límites máximos permisibles por la Unión Europea</i> .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Distrito de Yanacancha Provincia de Pasco</i> .....	5
Figura 2 <i>Distribución de las muestras</i> .....	38
Figura 3 <i>Planta de la col serrana(Brassica sp)</i> .....	43
Figura 4 <i>Hojas de la Col Serrana</i> .....	44
Figura 5 <i>Tallo de la Col Serrana</i> .....	45
Figura 6 <i>Raíz de la Col Serrana</i> .....	45

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La contaminación del suelo debido a la actividad minera en la ciudad de San Juan Pampa, distrito de Yanacancha en la ciudad de Cerro de Pasco, es un problema ambiental significativo que puede tener impactos a largo plazo en los ecosistemas y la salud humana. La minería, ya sea a cielo abierto o subterránea, implica la extracción de minerales y metales valiosos de la tierra, pero estos procesos también pueden liberar una variedad de sustancias tóxicas en el suelo. Algunos de los principales contaminantes del suelo asociados con la actividad minera incluyen:

- Sustancias químicas tóxicas: La minería en la ciudad de Cerro de Pasco, ha liberado varios productos químicos peligrosos en el suelo, como plomo, zinc, arsénico, cadmio, cianuro y diversos metales pesados. Estos contaminantes pueden persistir en el suelo durante mucho tiempo y tener efectos adversos en la flora y fauna circundantes.
- Drenaje ácido de mina (DAM): Es un problema común en muchas operaciones mineras de nuestro distrito de Yanacancha, como es el caso de la empresa minera Cerro SAC, esto sucede cuando los minerales sulfurosos expuestos al aire y al agua se oxidan, generando ácido sulfúrico.

Este ácido puede acidificar el suelo y el agua, liberando metales pesados y aumentando la toxicidad del entorno.

- Erosión del suelo: La remoción de la capa superior del suelo durante la etapa de explotación de la operación minera, puede aumentar la erosión del suelo, lo que afecta negativamente la calidad del suelo y puede llevar a la sedimentación de cuerpos de agua cercanos.
- Alteración del paisaje: La minería a menudo implica la eliminación de grandes cantidades de suelo, lo que altera significativamente el paisaje y puede resultar en la pérdida de hábitats naturales. Como la apertura de grandes tajos, des monteras, relaveras y otros.
- Contaminación del agua subterránea: Los contaminantes liberados durante la minería, como los metales pesados y productos químicos tóxicos, pueden infiltrarse en las capas de agua subterránea, afectando la calidad del agua utilizada para el consumo humano y otros fines.
- Residuos mineros: Los desechos generados durante la minería, como los relaves y las escorias, pueden contener sustancias tóxicas y representar un riesgo continuo para el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente.

Algunos de los metales más problemáticos en términos de contaminación ambiental, por la misma naturaleza de la formación mineralógica en los suelos se incluyen el hierro, plomo, arsénico, el cadmio, el zinc y el cobre. Estos metales pueden persistir en el suelo durante largos períodos y pueden acumularse en los organismos vivos a lo largo de la cadena trófica, lo que lleva a efectos adversos en la salud de los ecosistemas y las especies. (Muñoz, et al., 2010).

La actividad minera a tajo abierto, es la forma como se ha venido explotando los minerales en el yacimiento minero de Cerro de Pasco, conlleva la producción de considerables cantidades de residuos mineros que han sido almacenados en el ambiente, siendo el factor en la degradación o pérdida

irreversible del suelo original. Durante la explotación minera, el "nuevo suelo" experimenta un impacto severo, mostrando a menudo inestabilidad y compuesto por materiales poco propicios para el desarrollo de actividades biológicas y procesos de formación del suelo (Becerril et al, 2007).

Los metales pesados suelen presentarse como constituyentes asociados a los minerales en la corteza terrestre, adoptando formas como sales, óxidos, hidróxidos y otros compuestos. Estos elementos no son fácilmente degradables ni destruibles de manera natural o biológica, ya que carecen de funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Abollino et al., 2002) citado por (Prieto et al., 2009).

Miyashiro et al. 1996 Menciona que en los últimos años se han incrementado las exigencias para el control de la contaminación y protección del medio ambiente en todas las entidades públicas y privadas, más aún a las empresas mineras. La fitorremediación es una técnica que utiliza plantas para mitigar y remediar la contaminación del suelo. En el contexto de la minería y la recuperación de suelos degradados, existen varias alternativas de fitorremediación que podrían considerarse:

- Hiperacumuladoras: Algunas plantas tienen la capacidad de acumular metales pesados en sus tejidos sin sufrir daño. Estas plantas, conocidas como hiperacumuladoras, pueden ser utilizadas para extraer metales del suelo. Después de la cosecha, se retiran las plantas y los metales acumulados, lo que ayuda a reducir la concentración de contaminantes en el suelo.
- Fitomejoramiento: Se pueden desarrollar variedades de plantas mediante técnicas de fitomejoramiento para que sean más resistentes a las condiciones del suelo degradado y capaces de acumular o tolerar mayores concentraciones de metales pesados.

- Cosecha y quema controlada: Algunas plantas pueden ser cosechadas y luego quemadas de manera controlada para concentrar los metales pesados en cenizas. Estas cenizas pueden ser procesadas posteriormente para recuperar los metales valiosos y reducir la carga contaminante en el suelo.
- Microorganismos y simbiosis: Algunas plantas forman asociaciones simbióticas con microorganismos, como hongos micorrícicos, que pueden ayudar en la absorción y tolerancia a metales pesados. La introducción de estos microorganismos beneficiosos en el suelo puede mejorar la capacidad de las plantas para crecer en condiciones de contaminación.
- Cultivo de cobertura: Plantar cultivos de cobertura resistentes en áreas mineras puede ayudar a proteger y mejorar el suelo. Estos cultivos pueden prevenir la erosión, mejorar la estructura del suelo y, en algunos casos, absorber metales pesados.

Es importante destacar para el presente estudio de investigación se ha seleccionado a la especie vegetal col serrana (*Brassica* sp), y la elección de la técnica de la fitorremediación, la cual dependerá también de factores específicos del lugar, el tipo de contaminantes presentes, las condiciones climáticas y las características del suelo. Además, es crucial realizar las evaluaciones y monitoreo continuo para asegurar la eficacia de estas estrategias.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La presente investigación se delimita según:

### **Delimitación teórica**

La investigación sobre los niveles de contenido de metales pesados en la col serrana (*Brassica* sp) en suelos contaminados, es de suma importancia en el contexto de la seguridad alimentaria y la gestión ambiental. La contaminación del suelo con metales pesados, deriva de factores naturales y de las actividades humanas como: industria, minería y la agricultura, plantea una seria amenaza en la región Pasco. Esta contaminación puede tener

consecuencias adversas en la calidad del suelo, la diversidad biológica y la salud humana, especialmente cuando estos metales son absorbidos por cultivos como la col serrana.

### **Delimitación espacial**

La investigación está ubicada en el Distrito Yanacancha de la Provincia de pasco.

Región: Pasco  
Provincia: Pasco  
Distrito: Yanacancha  
Lugar: San Juan Pampa  
Altitud: 3 340 m.s.n.m

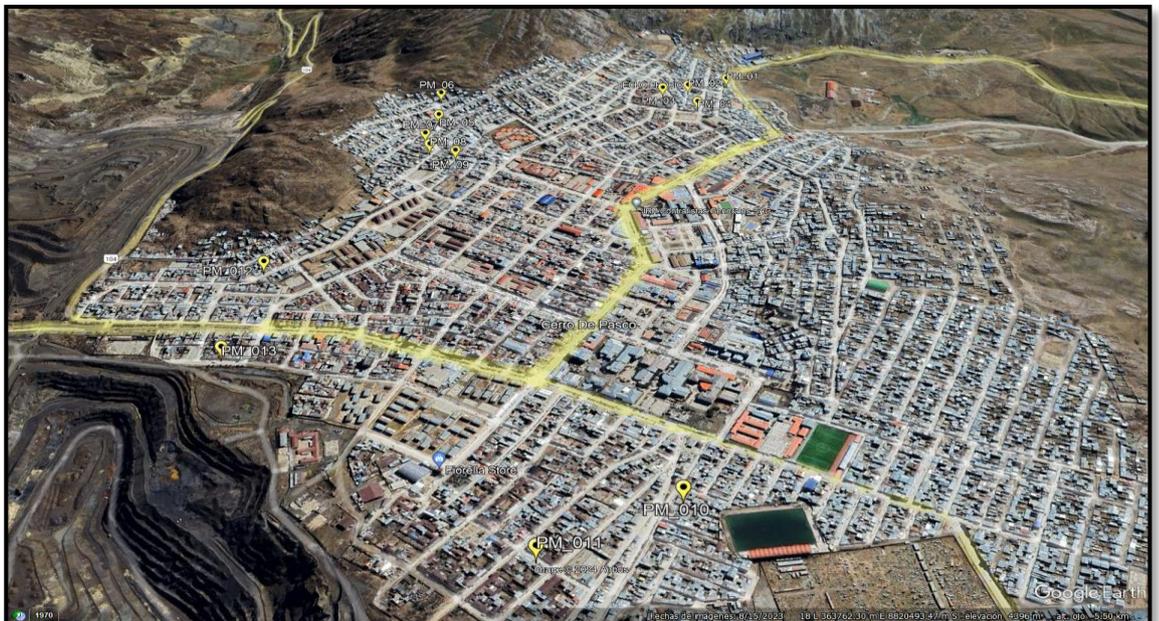
### **Tiempo:**

Inicio: 01 de setiembre 2023

Final: 30 de noviembre 2023

### **Figura 1**

*Distrito de Yanacancha Provincia de Pasco*



*Nota:* Google Earth Pro

**Tabla 1**

Coordenadas geográficas

<b>N° de planta</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	<b>Altura</b>	<b>Lugar</b>
P_M01	18L 363141 8821489	4406	A.H. techo Propio
P_M02	18L 363044 8821410	4395.2	A.H. techo Propio
P_M03	18L 362984 8821381	4408.2	Machupichu
P_M04	18L 363063 8821323	4400	Machupichu
P_M05	18L 362489 8821186	4413.2	Asoc. Gerardo Patiño L.
P_M06	18L 362484 8821265	4453.4	Asoc. Gerardo Patiño L.
P_M07	18L 362471 8821109	4412	Asoc. Gerardo Patiño L.
P_M08	18L 362486 8821069	4409.9	A.H. Daniel A.Carrion
P_M09	18L 362543 8821052	4412.7	A.H. Daniel A. Carrión
P_M010	18L 362995 8820086	4386.3	Urb. Barrio Yanacancha
P_M011	18L 362800 8819979	4375.7	Av. Andrés A. Caceres, Urb Barrio Yanacancha
P_M012	18L 362244 8820647	4375.9	A.H. Campamento Parcela
P_M013	18L 362238 8820406	4360.9	Av. El minero A.H. 27 de noviembre

**1.3. Formulación del problema****1.3.1. Problema general**

¿Cuál es el nivel de contenido de metales pesados en la col serrana (Brassica spp) en suelos contaminados en el distrito de Yanacancha -Pasco?

**1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es el nivel de contenido de plomo en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (Brassica spp)?
- ¿Cuál es el nivel de contenido de Cadmio en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (Brassica spp)?

## **1.4. Formulación de Objetivos.**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar los niveles de contenido de metales pesados en la col serrana (*Brassica sp*).

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el nivel de contenido de plomo en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (*Brassica spp*)
- Determinar el nivel de contenido de cadmio en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (*Brassica spp*)

## **1.5. Justificación de la investigación**

Los metales pesados, son agentes contaminantes las cuales son: Pb, Cr, Cd, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Sn, Ba, Hg. En los ecosistemas, que por su alto peso molecular, tienen efectos muy nocivos en la salud y el medio ambiente; como una alternativa de solución de la contaminación por metales pesados, derivados fundamentalmente por la actividad minera es la descontaminación mediante la fitorremediación a través de la absorción de las partículas de metales pesados por la especie de *Brassica spp*.

### **A. Justificación Ambiental**

La presente investigación es justificada, ya que reducirá la contaminación ambiental a partir de la utilización de la especie fitorremediadora, para ser utilizados en la disminución de metales pesados y a la vez nos ayudará a reducir los impactos ambientales negativos que estas puedan generar.

### **B. Justificación Social**

La presente investigación dará conocer a la población, a través de la publicación científica de la importancia de esta especie de las brassicas, se son resistentes a factores adversos al cambio climático y a la acumulación de los metales pesados en sus diferentes partes (hoja,tallo,raíz) y con ello

mitigar los metales pesados que puedan afectar a la población del distrito de Yanacancha.

## **Importancia y alcances de la investigación**

### **A. Importancia**

En el ámbito de la seguridad alimentaria, la salud humana y la conservación del medio ambiente, la col serrana emerge como un indicador crucial de la contaminación del suelo con metales pesados. Esta planta, siendo un componente común en la dieta del poblador del distrito de Yanacancha, despierta preocupación ya que su capacidad para acumular estos contaminantes la convierte en un reflejo directo de la calidad del suelo circundante.

El estudio en cuestión desempeña un papel esencial al proporcionar información necesaria para evaluar los riesgos asociados a tomar medidas preventivas en región Pasco, afectada por la contaminación del suelo. Al identificar los niveles de metales pesados en la col serrana, se obtiene una comprensión más profunda de la exposición potencial de los consumidores a estos contaminantes, permitiendo la adopción de estrategias específicas para minimizar los riesgos para la salud.

Además, la investigación contribuye a la identificación de estrategias de gestión sostenible de suelos contaminados. Al promover la fitoextracción y la fitorremediación, se sugieren alternativas efectivas para mitigar la contaminación. Estas prácticas no solo buscan reducir la presencia de metales pesados en el suelo, sino que también abren la puerta a la restauración del equilibrio ambiental, favoreciendo la recuperación de los ecosistemas afectados.

En última instancia, este estudio representa un paso crucial hacia la protección de la salud humana, la garantía de la seguridad alimentaria y la restauración de ecosistemas afectados por la contaminación. Su relevancia

radica en la contribución a la creación de un entorno más saludable y sostenible, subrayando la necesidad imperante de abordar de manera integral los desafíos asociados con la contaminación del suelo y sus efectos en la cadena alimentaria y la salud de las comunidades. El alcance de este estudio se centra en la evaluación de los niveles de contenido de metales pesados en la col serrana (*Brassica sp*) en suelos contaminados, por lo que se busca comprender la capacidad de esta planta para acumular y responder a la presencia de metales pesados, como plomo, cadmio, cobre, zinc y manganeso, en un entorno afectado por la contaminación. El estudio se realiza a través del análisis de muestras de la col serrana, incluyendo sus raíces, tallos y hojas, en un escenario real en el Distrito de Yanacancha. Los resultados obtenidos permiten identificar posibles riesgos para la seguridad alimentaria y el medio ambiente, además de contribuir a la comprensión de la fitoextracción y fitoestabilización de suelos contaminados. Estos hallazgos tienen el potencial de impulsar estrategias de gestión y remediación adecuadas para abordar los problemas de contaminación de metales pesados en suelos, proteger la salud pública y promover la sostenibilidad de la agricultura en regiones afectadas.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

La investigación sobre los niveles de contenido de metales pesados en la col serrana en suelos contaminados enfrentar varias limitaciones. Uno de ellos es la variabilidad natural del suelo y las condiciones climáticas que puede dificultar la obtención de muestras representativas y la estandarización de las condiciones de crecimiento. También se limita por la disponibilidad de equipos y recursos necesarios para el análisis de laboratorio, lo que podría afectar la cantidad y la precisión de las mediciones. La falta de acceso a áreas contaminadas o la colaboración de propietarios de tierras también podría restringir la obtención de datos en campo. Otra limitación potencial es la

dificultad para controlar todas las variables, como la cantidad de metales pesados presentes en el suelo o las prácticas agrícolas locales, lo que podría influir en los resultados. Además, la interpretación de los datos y la extrapolación de los hallazgos a otras regiones podrían estar condicionadas por las diferencias en las condiciones específicas de los suelos y la vegetación. A pesar de estas limitaciones, el estudio sigue siendo fundamental para abordar la problemática de la contaminación de metales pesados en suelos y sus implicaciones en la seguridad alimentaria y la salud del ecosistema, asimismo, la poca información con respecto a la especie a investigar, y el costo de instalación y ejecución del proyecto en condición de estudiante.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Wu, Su, Cai, Shen, & Jin (2014) hicieron una investigación intitolado “El agua rica en hidrógeno mejora la tolerancia al cadmio en la col china al reducir la absorción de cadmio y aumentar las capacidades antioxidantes” el objetivo del presente trabajo era comprender el mecanismo específico del agua rica en hidrógeno (HRW) para aliviar la toxicidad del cadmio (Cd) en la col china (*Brassica campestris* spp. *chinensis* L.). Nuestros resultados mostraron que la adición de un 50% de saturación de HRW alivió significativamente los síntomas tóxicos del Cd, incluyendo la mejora tanto de la elongación radicular como de la inhibición del crecimiento de las plántulas. Estas respuestas fueron consistentes con una disminución significativa de la acumulación de Cd en raíces y brotes, lo que fue confirmado por la tinción histoquímica. Las pruebas moleculares demostraron que la HRW bloqueaba la regulación al alza inducida por Cd de los genes *IRT1* y *Nramp1*, responsables de la absorción de Cd. Por el contrario, la regulación al alza inducida por Cd del gen *HMA3*, que regula el secuestro de Cd en las vacuolas de la raíz, se vio sustancialmente reforzada por el HRW. Además, en comparación con el estrés por Cd solo, las expresiones de *HMA2* y

HMA4, que funcionan en el transporte de Cd a la xilema, fueron reprimidas por el co-tratamiento con HRW. El HRW aumentó la actividad de las enzimas antioxidantes, incluyendo el superóxido dismutasa, el guayacol peroxidasa, la catalasa y el ascorbato peroxidasa. Estos resultados se confirmaron además por el alivio del daño oxidativo, como indica la disminución de las sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBARS) y la producción de especies reactivas del oxígeno (ROS). En conjunto, estos resultados sugieren que la mejora de la tolerancia al Cd por HRW se asoció con una menor captación de Cd y un aumento de la actividad antioxidante.

En el estudio realizado por Bernard et al. (2021) se centra en investigar los efectos del cadmio (Cd) en la col forrajera (*Brassica oleracea* var. *viridis* cv "Prover") después de diferentes períodos de exposición a suelos contaminados con cadmio. Aquí se muestra resumen de los puntos clave mencionados en el fragmento que proporciona el contexto del estudio: El cadmio (Cd) es un elemento altamente tóxico para los organismos vivos y se encuentra comúnmente en suelos contaminados por metales. El mecanismo de protección en las plantas que crecen en zonas contaminadas tiene mecanismos de protección contra los problemas causados por el cadmio. La familia Brassicaceae incluye especies vegetales conocidas por su capacidad para tolerar y acumular cadmio en sus tejidos. El objetivo del estudio: *Brassica oleracea* var. *viridis* cv "Prover" fue expuesta a suelos contaminados artificialmente con cadmio en diferentes concentraciones (desde 2,5 hasta 20 mg kg<sup>-1</sup>) durante 3, 10 y 56 días. Los parámetros estudiados fueron los efectos sobre rasgos vitales, actividad fotosintética y actividades enzimáticas antioxidantes de la col forra. Se cuantificó la acumulación de metales en la planta. Se evaluó el daño en el ADN mediante ensayos como el ensayo cometa. Se utilizaron técnicas de inmune detección para medir los niveles de 8-OHdG (indicador de daño al ADN). *Brassica oleracea* var. *viridis* cv Prover mostró ser

relativamente tolerante a las exposiciones de cadmio (Cd) en los suelos analizados. Aunque se observaron algunos daños en el ADN a través del ensayo cometa y la detección de 8-OHdG, estos daños no fueron significativos. Según el análisis de acumulación de metales, *B. oleracea* var. *viridis* cv Prover podría considerarse como un buen candidato para el cultivo en zonas contaminadas con cadmio. Con respecto al crecimiento y a la proliferación Celular: Se observó un aumento en cada parámetro de los rasgos vitales a medida que aumentaba el tiempo de exposición a suelos contaminados con Cd.

Este aumento también se observó en las plantas expuestas al suelo de control. Los efectos positivos en el crecimiento podrían derivarse de la estimulación de la proliferación celular durante la exposición a dosis bajas de Cd. Tolerancia Relativa de *B. oleracea* al Cd: *Brassica oleracea* var. *viridis* cv Prover mostró ser relativamente tolerante a las exposiciones de cadmio (Cd) en los suelos analizados. Daño en el ADN: Aunque se observaron algunos daños en el ADN a través del ensayo cometa y la detección de 8-OHdG, estos daños no fueron significativos. La acumulación de Metales: Según el análisis de acumulación de metales, *B. oleracea* var. *viridis* cv Prover podría considerarse como un buen candidato para el cultivo en zonas contaminadas con cadmio. El crecimiento y proliferación celular, Se observó un aumento en cada parámetro de los rasgos vitales a medida que aumentaba el tiempo de exposición a suelos contaminados con Cd. Este aumento también se observó en las plantas expuestas al suelo de control. Los efectos positivos en el crecimiento podrían derivarse de la estimulación de la proliferación celular durante la exposición a dosis bajas de Cd. En general, estos resultados sugieren que, aunque hubo algunos daños en el ADN, la planta demostró ser tolerante al cadmio y mostró un crecimiento positivo en presencia de dosis bajas del metal. Además, la capacidad de acumular metales sin sufrir daños significativos la hace prometedora como una opción para el cultivo en áreas contaminadas.

(Xian, 1989) "Efecto de las formas químicas de cadmio, zinc y plomo en suelos contaminados sobre su absorción por las plantas de col" Siete suelos contaminados con metales pesados procedentes de una fundición de zinc se extrajeron secuencialmente para poder dividir el Cd, el Zn y el Pb en cinco fracciones químicas definidas operacionalmente: intercambiable, unido a carbonato, unido a óxido de Fe-Mn, unido a materia orgánica y residual. Se plantaron coles en los suelos para examinar los efectos de la concentración y la forma química de los metales en el suelo sobre su absorción. La fracción intercambiable contenía el 55, 13 y 6%, y la fracción carbonatada el 11, 10 y 6% del total de Cd, Zn y Pb, respectivamente. La mayor cantidad de Zn (42%) se detectó en la fracción residual, y de Pb (43%) en la fracción orgánica. Los niveles de metales en las plantas coincidían con los del suelo. Los metales pesados en forma intercambiable y de carbonato controlaron fuertemente su absorción más que el contenido total en el suelo. La proporción de absorción de metales respecto a su cantidad en el suelo fue Cd>Zn>Pb, de acuerdo con la secuencia soluble de los elementos en el suelo. La tasa de absorción de las formas intercambiables+carbonatadas fue la misma para los tres elementos (0,76, 1,01 y 0,98% de Cd, Zn y Pb, respectivamente).

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Pérez (2015) en su estudio de la tesis de maestría, "Acumulación de metales pesados en plantas nativas en los relaves de los pasivos ambientales de la mina Cercapuquio se estudió la acumulación de metales pesados en especies nativas que se desarrollan en áreas cercanas a la mina de Cercapuquio, en: *Astragalus cece* Cav., con 60,63 ppm de hierro; 90, 5 ppm de manganeso; 121,09 de zinc; 0,32 ppm de cobre; 0,05 de plomo; y 0,020 ppm de cadmio. La especie con los valores acumulados más elevados para los metales referidos fueron: *Hypochoeris meyeniana* (Walp.) Griseb, con 177,33 ppm de

hierro; 900,89 ppm de manganeso; 1 97,76 ppm de zinc; 6,11 ppm de cobre; Plomo 1,11 ppm; y 0,1 ppm de cadmio.

Pandey & Prakash (2002) "Efecto de los metales pesados  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Cd}^{2+}$  sobre el crecimiento y el metabolismo de la col" La exposición de plantas de col a un exceso (500  $\mu\text{M}$ ) de  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Cd}^{2+}$  en cultivo de arena provocó una mayor acumulación de los metales, la inhibición del crecimiento y la inducción de síntomas visibles de toxicidad por metales. Además de la clorosis, las plantas tratadas con  $\text{Co}^{2+}$  mostraron una coloración púrpura rojiza a lo largo de los márgenes de las hojas, las plantas tratadas con  $\text{Ni}^{2+}$  mostraron manchas negras cerca de los márgenes de las hojas y las plantas tratadas con  $\text{Cd}^{2+}$  desarrollaron una coloración púrpura a lo largo de los márgenes de las hojas. A concentración equimolar, la inhibición del crecimiento fue más severa con el exceso de  $\text{Cd}^{2+}$  y la inducción de síntomas visibles fue más severa con el exceso de  $\text{Ni}^{2+}$ . La exposición a concentraciones excesivas de metales pesados disminuyó la absorción de Fe y su translocación a las hojas. La exposición a cada  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Cd}^{2+}$  disminuyó el contenido de clorofila ( $\text{Ni}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Co}^{2+}$ ), concomitantemente con la disminución de las actividades de las enzimas Fe-catalasa y peroxidasa, sugiriendo una menor disponibilidad de Fe para la biosíntesis clorofila-heme. Cada  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Cd}^{2+}$  disminuyeron el potencial hídrico y la tasa de transpiración, asociados a un aumento de la resistencia difusiva que mostraba el desarrollo de estrés hídrico. Esto se vio corroborado por una mayor acumulación de prolina en las hojas de las plantas expuestas a  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Cd}^{2+}$ .

Hossain, Ngo, Guo, Nguyen, & Vigneswaran (2014) "Rendimiento de los residuos de col y coliflor en la eliminación de metales pesados" a partir de este estudio, la col y la coliflor, unos conocidos residuos agrícolas, se utilizaron como biosorbentes para eliminar el plomo (II) y el cadmio (II) tóxicos del agua. Un lote de experimentos con ambos biosorbentes indicó que la adsorción de plomo (II)

y cadmio (II) dependía del pH (5,0-6,5), las dosis de biosorbentes (3-8 g/L) y el tiempo de contacto (15-45 min). Los procesos de adsorción fueron rápidos, y el tiempo de equilibrio se alcanzó a los 45 y 15 min para la adsorción de plomo (II) y a los 45 y 30 min para la de cadmio (II) en los biosorbentes de col y coliflor, respectivamente. Ambos biosorbentes mostraron una mayor preferencia por el plomo (II) que por el cadmio (II) hacia la adsorción a partir de una solución binaria. El modelo de Langmuir fue el mejor predicho, pero los modelos de tres parámetros (Redlich-Peterson, Koble Corrigan, Khan y SIPS) mostraron una buena adecuación a los datos de equilibrio, y los coeficientes de adsorción indican una adsorción favorable. Las capacidades monocapa máximas para el plomo (II) fueron de 60,57 y 47,63 mg/g en los biosorbentes de col y coliflor, respectivamente, superiores a la adsorción de cadmio (II) (20,57 y 21,32 mg/g). La cinética de adsorción fue multiorden y escalonada ya que se sigue el pseudo-segundo orden y el modelo de Avrami. Como adsorbente de bajo coste, los biosorbentes de col y coliflor podrían ser preferibles para la eliminación de metales pesados de aguas y aguas residuales.

(Li, y otros, 2020) “Efectos de las enmiendas en la biodisponibilidad, transformación y acumulación de metales pesados por la col pakchoi en un suelo contaminado por múltiples elementos” Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de las enmiendas con compost de residuos verdes (GWC), biocarbón (BC) y ácido húmico (HA) de un suelo alcalino contaminado con metales pesados. En este estudio, las enmiendas con GWC, GWC + BC y GWC + HA se aplicaron al suelo contaminado con metales pesados en cuatro proporciones de aplicación (0, 1, 2 y 5%), y su objetivo era mitigar sustancialmente la biodisponibilidad de metales pesados para la col pakchoi de los suelos de riego de aguas residuales. La adición de diferentes proporciones de enmiendas puede aumentar el pH del suelo entre 0,11 y 0,30 unidades y también incrementar el contenido de materia orgánica entre un 3,1 y un 35,1%.

La concentración de arsénico (As), cadmio (Cd), zinc (Zn) y cobre (Cu) disponible en el extracto de  $\text{CaCl}_2$  disminuyó eficazmente con todas las enmiendas, excepto el aumento de la concentración disponible de As por el ácido compost-húmico (T8) en el suelo. En comparación con el control, el Cd extraíble del  $\text{CaCl}_2$  disminuyó entre un 33 y un 48% tras la adición de diferentes proporciones de enmiendas en el suelo. Además, al aumentar el contenido de compost y compost-biocarbón en combinaciones, disminuyeron las fracciones fácilmente intercambiables de As, Cd, Zn y Cu, mientras que aumentaron la fracción de oxidación y las fracciones residuales. Cuando se aplicaron las enmiendas del suelo, el peso fresco de la raíz y del brote aumentó un 29-63% y un 39-85%, respectivamente. La concentración de Cd en las raíces y los brotes de la col pakchoi disminuyó en un 21-44% y un 26-53%, respectivamente, después de añadir diferentes proporciones de enmiendas. Todas las enmiendas fueron eficaces en la reducción de la absorción de Cd, Zn y Cu por las raíces y los brotes de la col pakchoi, y simultáneamente reducen la absorción de As en las raíces de la col pakchoi. Como enmiendas del suelo, la aplicación de GWC solo o GWC + BC/GWC + HA puede reducir significativamente los niveles de metales pesados en la col pakchoi al tiempo que aumenta la producción de biomasa y una tasa de aplicación más alta es más eficaz que la tasa de aplicación más baja.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

De la Cruz Mera Carlos, (2021) En su tesis doctoral, "Niveles de Contenido de Plomo y Zinc en órganos no reproductivos de *Polylepis* Sp. en tres localidades de Pasco", planteó investigar bajo las condiciones de laboratorio, la concentración de plomo y zinc en los árboles de *Polylepis* sp., instalados con objetivos ornamentales en la ciudad de Pasco. El objetivo general fue: determinar los niveles de contenido de plomo y zinc en los órganos no reproductivos (hojas, tallo y raíces) de la especie forestal *Polylepis* sp. Se

concluye que, el contenido de plomo en *Polylepis* sp, es de 103,80 ppm; el contenido de plomo en las hojas es de 109,89 ppm; el contenido de plomo del tallo, es 43,33 ppm; el contenido de plomo de las de las raíces, es de 158,18 ppm. El contenido de zinc, en *Polylepis* sp, es de 179,84 ppm; el contenido de zinc de las hojas es de 193,98 ppm; el contenido de zinc del tallo, es de 50,04 ppm, y en las raíces es 295,51 ppm. *Polylepis* sp., tiene gran capacidad de absorción de metales pesados, como el plomo y el zinc que supera largamente la capacidad de otras especies forestales.

## **2.2. Bases teóricas- científicas**

### **2.2.1. Metales pesados**

El término "metal pesado" se utiliza para describir elementos químicos que tienen propiedades metálicas y, al mismo tiempo, presentan una densidad relativamente alta. Estos elementos a menudo tienen una masa atómica elevada y una densidad superior a 5 gramos por centímetro cúbico. Además de sus características físicas, el término "metal pesado" también se utiliza en un contexto ambiental y biológico para referirse a ciertos metales que pueden tener efectos adversos en los organismos vivos en concentraciones elevadas.

En el contexto ambiental y biológico, algunos metales pesados, como el plomo, el mercurio, el cadmio y otros, pueden ser tóxicos para los organismos vivos en concentraciones elevadas. Estos metales a menudo provienen de actividades industriales, desechos contaminantes y otras fuentes humanas, y pueden acumularse en el medio ambiente, causando problemas de salud y daños a los ecosistemas. La contaminación por metales pesados es un tema de preocupación en la gestión ambiental y la salud pública.

### **2.2.2. Suelos contaminados con metales pesados**

Los suelos contaminados con metales pesados representan un problema ambiental significativo debido a los impactos negativos que pueden tener en la salud humana, la fauna, la flora y los ecosistemas en general.

Algunos de los problemas asociados con la contaminación del suelo por metales pesados incluyen:

- A. Toxicidad para organismos vivos:** Los metales pesados, como el plomo, el mercurio, el cadmio y el arsénico, son tóxicos para muchos organismos vivos, incluyendo plantas, animales y microorganismos. La presencia de estos metales en el suelo puede afectar negativamente la salud y la biodiversidad de los ecosistemas.
- B. Contaminación del agua:** La lixiviación de metales pesados desde el suelo contaminado hasta las fuentes de agua subterránea o superficial puede provocar la contaminación del agua. Esto puede tener graves consecuencias para la calidad del agua potable y los ecosistemas acuáticos.
- C. Acumulación en plantas comestibles:** Los metales pesados pueden ser absorbidos por las plantas y acumularse en sus tejidos. Si estas plantas son cultivadas para consumo humano o animal, existe el riesgo de que los metales pesados se transfieran a la cadena alimentaria, afectando la salud de quienes consumen estos productos.
- D. Impactos en la salud humana:** La exposición a suelos contaminados con metales pesados puede tener efectos perjudiciales para la salud humana. La inhalación de partículas de suelo contaminado, el consumo de alimentos cultivados en suelos contaminados o el contacto directo con el suelo pueden llevar a la acumulación de metales pesados en el cuerpo humano, causando problemas de salud como daño renal, neurológico y otros trastornos.
- E. Alteración de procesos biogeoquímicos:** La presencia de metales pesados en el suelo puede alterar los procesos biogeoquímicos naturales, como el ciclo del carbono, nitrógeno y fósforo, afectando la funcionalidad y la salud del ecosistema.

**F. Impactos en la agricultura:** Los suelos contaminados con metales pesados pueden afectar negativamente la productividad agrícola al reducir la capacidad de las plantas para crecer y desarrollarse de manera saludable.

La gestión de suelos contaminados con metales pesados implica medidas como la remediación del suelo, la restricción de actividades humanas en esas áreas, la implementación de prácticas agrícolas seguras y la promoción de tecnologías limpias en la industria para prevenir la liberación de metales pesados al medio ambiente Reyes et al., (2016).

### **2.2.3. Cadmio**

El cadmio es considerado un metal pesado y forma parte del grupo de elementos químicos con esta clasificación. Aquí hay algunas características y aspectos relevantes sobre el cadmio como metal pesado:

#### **A. Propiedades del cadmio**

El cadmio (símbolo Cd) es un metal blanco-plateado que tiene similitudes con el zinc y el mercurio en términos de propiedades químicas.

Es relativamente raro en la corteza terrestre, pero puede encontrarse en asociación con minerales de zinc, plomo y cobre.

##### **a. Toxicidad**

El cadmio es conocido por ser altamente tóxico para los organismos vivos, incluyendo humanos.

Se acumula en el cuerpo a lo largo del tiempo, principalmente en los riñones, y puede tener efectos perjudiciales para la salud, como daño renal.

La exposición a concentraciones elevadas de cadmio puede estar asociada con problemas respiratorios, daño hepático, y en dosis más altas, puede ser fatal.

## **B. Fuentes de contaminación**

Las fuentes comunes de contaminación por cadmio incluyen emisiones industriales, desechos de baterías y productos electrónicos desechados.

La minería y procesamiento de minerales que contienen cadmio también pueden contribuir a la liberación de este metal pesado en el medio ambiente.

## **C. Impactos ambientales**

La contaminación por cadmio en el suelo puede tener consecuencias graves para los ecosistemas terrestres. Las plantas pueden absorber cadmio del suelo, y los animales que consumen estas plantas pueden verse afectados por la acumulación de cadmio.

La lixiviación de cadmio en aguas superficiales y subterráneas también puede afectar la calidad del agua y los organismos acuáticos.

## **D. Regulación y prevención**

Dada su toxicidad, el cadmio está sujeto a regulaciones ambientales y de salud en muchos países.

Se han implementado medidas para reducir las emisiones industriales y gestionar adecuadamente los desechos que contienen cadmio.

La gestión adecuada de la contaminación por cadmio implica la adopción de prácticas industriales más limpias, la regulación efectiva de las emisiones, y la remediación de sitios contaminados para minimizar los impactos ambientales y proteger la salud humana.

### **2.2.4. Plomo**

El plomo es otro ejemplo de metal pesado con propiedades particulares y características que lo hacen destacar en términos de su impacto ambiental y en la salud humana. Aquí hay algunas consideraciones sobre el plomo:

## **A. Propiedades del plomo**

El plomo (símbolo Pb) es un metal blando, denso y de color gris azulado.

Tiene una baja conductividad eléctrica y es resistente a la corrosión, lo que lo ha hecho útil en una variedad de aplicaciones industriales y domésticas a lo largo de la historia.

### **a. Toxicidad**

El plomo es conocido por ser altamente tóxico para los seres humanos y otros organismos.

Puede afectar negativamente el sistema nervioso, los riñones y otros órganos. En los niños, la exposición al plomo puede causar daño neurológico y afectar el desarrollo cognitivo.

## **B. Fuentes de contaminación**

Las principales fuentes de contaminación por plomo incluyen la minería y procesamiento de minerales de plomo, la fabricación de baterías, la producción de pinturas a base de plomo, y la quema de combustibles fósiles.

Las antiguas tuberías de plomo en sistemas de suministro de agua también pueden ser una fuente de contaminación de plomo en el agua potable.

## **C. Impactos ambientales**

La contaminación por plomo en el suelo puede ocurrir cerca de fuentes industriales o en áreas donde se ha utilizado gasolina con plomo.

El plomo puede acumularse en sedimentos y afectar a organismos acuáticos. También puede entrar en la cadena alimentaria cuando los organismos lo absorben.

## **D. Regulación y prevención**

Muchos países han implementado regulaciones para reducir el uso de plomo en productos de consumo y en la industria, y para limitar las emisiones industriales.

La remoción de pinturas a base de plomo en edificios antiguos y la modernización de sistemas de suministro de agua son medidas comunes para prevenir la exposición al plomo.

La gestión de la contaminación por plomo implica medidas para prevenir la exposición, controlar y reducir las emisiones y mejorar la remediación de sitios contaminados. La conciencia pública sobre los riesgos asociados con el plomo y la implementación de prácticas más seguras han contribuido a la disminución de la exposición en muchos lugares.

Ortiz et al., (2009) llegó a la conclusión de mencionar que el plomo es un contaminante mayor en el ambiente y que genera gran preocupación para la salud humana y los ecosistemas. Es un elemento relativamente abundante en la naturaleza ( $13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  en la corteza terrestre, fundamentalmente como Sulfuro de Plomo) y prácticamente ausente en los océanos (0.003 ppb). El plomo suele estar en rocas ácidas (ricas en sílice, granito, etc.) En pizarras y, en algunos casos, en calizas. (Carrillo, 2003).citado por(Carhuaricra, 2020).

#### **2.2.5. Arsénico**

El arsénico (As) es un elemento particularmente difícil de caracterizar en forma aislada, debido a que su química es muy compleja y a su vez existen diferentes compuestos del mismo que puede ser trivalente As (III) o pentavalente As (V) y están ampliamente distribuidos en la naturaleza (Agreda et al., 2005).citado por(Calcina, 2020).

#### **2.2.6. Minería a nivel Nacional**

La minería en Perú es una actividad económica clave que ha desempeñado un papel significativo en el desarrollo del país a lo largo de los años. Perú es conocido por ser uno de los principales productores de metales y minerales a nivel mundial. Algunos de los recursos minerales más importantes que se extraen en Perú incluyen cobre, oro, plata, zinc y plomo, entre otros.

El 50% de los conflictos sociales es por esta actividad debido al incumplimiento de los convenios y por la contaminación. Es el principal productor de plata del mundo, el tercero de cobre y zinc, y el sexto lugar en oro, el incremento en la demanda de estos minerales debido a la incorporación al mercado mundial de China ha generado un aumento en los precios; entre 2000 y 2011 las exportaciones han superado de 5.000 a 35.000 millones de dólares. La minería representa el 1,5% del PIB, tiene 15 impuestos y genera 177.000 empleos directos y 650.000 indirectos, según la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. (De la Cruz Mera Carlos, 2021)

### **2.2.7. Minería a nivel local (Cerro de Pasco)**

Una de las principales regiones mineras en Perú, que incluyen la sierra central, donde se encuentran concentradas muchas de las minas más grandes de encuentra la empresa minera Cerro SAC.

En Cerro de Pasco, situada a 4380 metros sobre el nivel del mar en la cordillera de los Andes del Perú, la expansión continua de la minería a cielo abierto ha tenido un impacto devastador en la trama urbana. Este método de minería ha consumido gradualmente espacios públicos, edificaciones patrimoniales y, en última instancia, la historia de la ciudad. Cerro de Pasco se ha convertido en un ejemplo emblemático de las consecuencias de una actividad minera descontrolada, evidenciando la marginalización del entorno habitado, una grave contaminación de los recursos hídricos y la pérdida de áreas naturales, entre otras catástrofes.

En respuesta a estos problemas, en el año 2008 se declaró la "necesidad pública e interés nacional" de reubicar la ciudad. Sin embargo, a pesar de esta declaración, la reubicación aún no se ha llevado a cabo hasta la fecha. Este caso ilustra los desafíos y las dificultades asociadas con la gestión de la expansión minera y destaca la urgencia de abordar las consecuencias negativas

que afectan tanto al medio ambiente como a la comunidad local (Masalías, 2022).

#### **2.2.8. Contaminación ambiental en los suelos en la ciudad de Cerro de Pasco**

Díaz (2016) en la investigación que realizó se enfoca en los lugares con la mayor concentración de población vulnerable a los efectos tóxicos del plomo y cadmio, en la ciudad de Cerro de Pasco, específicamente en los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar, pertenecientes a la provincia y departamento de Pasco. La zona geográfica que alberga a Cerro de Pasco ha sido históricamente mineralizada, atrayendo a pobladores durante siglos, desde la época colonial hasta la republicana, con migrantes de diversas latitudes y representaciones comerciales de varios países en la ciudad.

En este estudio, se identificaron a individuos de las poblaciones más vulnerables al efecto tóxico del plomo en áreas como Paragsha, Ayapoto y Chaupimarca. Se prestaron especial atención a mujeres en edad fértil (de 15 a 45 años) y niños (de 1 a 12 años) que residían en zonas con suelos contaminados por plomo. Se recopilaron 32 muestras ambientales con concentraciones superiores a 1,200 ppm de plomo, siendo la concentración más alta encontrada en un camino de tierra cercano a los desmontes con un valor de 20,000 ppm. Además, se tomaron 192 muestras biológicas de sangre y orina con la colaboración de un equipo del Centro para el Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC) para evaluar la población mencionada.

Los resultados revelaron una alta prevalencia de intoxicación por metales pesados, con un 53.3% de niños y un 9.4% de mujeres en edad fértil que presentaron niveles elevados de plomo en la sangre ( $\geq 10 \mu\text{gPb/dL}$ ). La investigación adopta un enfoque aplicativo, evaluativo y no experimental, utilizando la recolección de datos y entrevistas personalizadas, junto con hojas de cálculo para el procesamiento de datos y preguntas. La hipótesis de que la

contaminación del suelo con plomo influye significativamente en la sangre de las poblaciones vulnerables en Cerro de Pasco fue confirmada por los resultados obtenidos y analizados. El estudio concluye identificando los asentamientos donde se concentran la mayor cantidad de mujeres en estado fértil y niños expuestos al suelo con presencia de plomo, proporcionando recomendaciones para mitigar estos riesgos.

#### **2.2.9. Fitorremediación**

La fitorremediación es un conjunto de tecnologías que reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas. La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Estas fitotecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo. (Muñoz-Castellanos et al., 2010).

##### **A. Fitoacumulación**

La fitoacumulación es tal vez el proceso de mayor importancia entre los demás, y consiste en la toma del contaminante que hay en el suelo, para su acumulo en las hojas y el tallo de la planta, que son retiradas posteriormente. (Ramos, 2015)

##### **B. Fitovolatilización**

Consiste en la eliminación de los contaminantes bioacumulados en las plantas expulsándolos hacia la atmosfera, esta técnica lleva por nombre Fitovolatilización. (Ramos, 2015)

### **C. Fitodegradación**

Este proceso se refiere a la destrucción de contaminantes orgánicos como hidrocarburos, explosivos y agroquímicos a través de su absorción, translocación y metabolismo de la planta.(Muñoz-Castellanos et al., 2010)

### **D. Fitoestabilización**

Conocida como Fito inmovilización o inactivación in situ, este proceso sucede cuando las propiedades biológicas de los suelos son modificadas químicas y físicamente, y las traslaciones de los contaminantes se reducen a través de la acumulación y absorción radicular de las plantas.(Torres-Gonzales et al., 2021)

## **2.2.10. Características col serrana (Brassica sp)**

### **A. Origen**

Originaria de las islas británicas y del occidente europeo, actualmente se cultiva en las regiones templadas de Asia y en los trópicos. Las variedades de coles se agrupan en: hoja crespada, la col verde, morada y la col china de hojas algo cerradas que no alcanzan a formar cabeza. Su nombre científico es Brassica oleracea L., var. Capitata D. C. y B. pertenece a la familia de las cruciferae. (Enciclopedia Agropecuaria, 2007).citado por (Riera, 2014)

## Descripción morfológica y taxonómica

**Tabla 2**

*Clasificación Taxonómica de la especie*

<b>Taxonomía</b>	<b>Nomenclatura</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta Magnoliopsida
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Genero	Brassica
Especie	Brassicacea spp

*Nota.* (Riera, 2014)

### Requerimientos edafoclimáticos

#### **B. Clima:**

La col de repollo prefiere los climas templados – húmedos, resiste bien a temperaturas bajas, aunque pueden producir una floración prematura. La col es una especie considerada rústica, sin embargo, prefiere climas templados y húmedos resiste bien a las heladas y es muy sensible al calor excesivo y a las sequías. (Zapata, 2005). Las semillas de col necesitan para germinar temperaturas de 5°, estando situado el óptimo en 26° C las variedades de invierno son muy resistentes al frío, resultan perjudiciales para estos cultivos los vientos excesivamente secos, en general el intervalo térmico óptimo para conseguir un buen desarrollo vegetativo de las plantas de col puede acotarse entre 15,5°C y 18°C. (Maroto, 1995).citado por (Riera, 2014).

#### **C. Temperatura:**

La temperatura mínima para su germinación es de 4.4°C y la máxima de 35°C siendo la óptima de 29.4°C. Las temperaturas ambientales

propias para su crecimiento y desarrollo son de 15°C a 20°C, con mínimas de 0°C y máximas de 27°C. (Faxsa, 2008).

Prefiere los climas templado-húmedos, resiste bien las temperaturas bajas, aunque estas pueden producir una floración prematura. Le convienen los terrenos fértiles, de textura ligeramente arcillosa y que acumulan humedad, pero sin llegar a encharcarse. Se trata de una especie moderadamente resistente a la salinidad y no soporta los suelos ácidos. (Enciclopedia de Agricultura y Ganadería, 2000).citado por (Riera, 2014).

#### **D. Luminosidad**

La productividad del cultivo de col así como su color, textura, depende de gran parte de una alta luminosidad solar. Por esta razón la ubicación de nuestro país es óptima para este tipo de cultivo, especialmente en los pequeños valles interandinos. En algunas regiones tropicales y subtropicales se desarrolla bien, siempre y cuando esté en zonas altas y puede comportarse como perenne debido a la ausencia de invierno marcado en estas regiones. (Suquilanda, 2001).

#### **E. Suelo**

Los valores normales de pH del suelo, para este cultivo son de 6 – 7 aunque va mejor en suelos de pH ligeramente ácido. Los suelos en los que se produce encharcamiento son desfavorables. (Tamaro, 2001). La mayoría de las coles son moderadamente tolerantes a la salinidad, siendo las coles rojas más sensibles que las blancas. Son ligeramente tolerantes a la acidez, con un rango de pH de 6.8-5.5, teniendo como óptimo 6.5-6.2. Se desarrolla bien en cualquier tipo de suelo, desde arenosos hasta orgánicos, prefiriendo aquéllos con

buen contenido de materia orgánica y drenaje adecuado. (Faxsa, 2008).citado por (Riera, 2014)

#### **F. Humedad**

El sistema radicular de la col es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta un mal período de sequía, aunque esta sea muy breve. Por ser semillas pequeñas se hace necesaria una buena preparación del suelo, con una textura y granulometría adecuada para la siembra, sin encharcamientos y excelente nivelación. Al grupo de las crucíferas gustan los suelos ricos, húmedos, compactos y alcalinos. Si se dan estas condiciones, disfrutarás de una cosecha de gran calidad a lo largo de todo el año, sobre todo en invierno, cuando escasean otras hortalizas. (Infoagro, 2008).citado por (Riera, 2014).

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **Niveles de contaminación en el suelo**

Martell (2014) menciona que el nivel de contaminación en el suelo es un aspecto limitante en el proceso de Fitorremediación, puesto que el desarrollo de las especies es limitado cuando en contenido en del contaminante es mayor, por consiguiente, el crecimiento de la planta (especie) será muy lenta cuando la cantidad del metal (contaminante) sea muy elevada. Además, si el suelo tiene altos índices de metal (Pb) habrá una disminución de la longitud de las raíces y hasta la longitud de los brotes.(Kevin Roger, 2017).

#### **Nivel**

Concentración o dosis de un químico que está en el umbral de toxicidad o de contaminación significativa.(MINAM, 2016).

#### **Concentración**

La relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia.(MINAM, 2016).

### **Concentración Total**

Masa del elemento químico regulado por unidad de masa del suelo en estudio, expresada en términos del Sistema General de Unidades de Medida, extraído del suelo por digestión ácida (agua regia) o alcalina.(MINAM, 2016).

### **Calidad de suelos**

Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas.(MINAM, 2016).

### **Remediación**

Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas.(MINAM, 2016).

### **Fitorremediación**

La fitorremediación es un conjunto de tecnologías que reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas. (Kelley et al., 2000).citado por (Muñoz-Castellanos et al., 2010)

### **Contaminación**

Morales (2020) Menciona que pueden ser de origen natural como de origen antrópico, aunque está asociado a la actividad que realiza el hombre. Sin embargo, la inoculación del aire y del agua son las más importantes debido a una mayor dispersión de los contaminantes, por otro lado, en el suelo el tiempo de permanencia puede ser mayor y por lo general es el punto de acumulación de contaminantes provenientes del agua y del aire.(Torres-Gonzales et al., 2021)

## **Metales pesados**

Se definiría como a todo aquellos elementos metálicos cuyo peso específico es mayor de  $5\text{g/cm}^3$  o con número atómico superior a 20. pero una definición más práctica de metal pesado sería la de clasificar como tales aquellos que por sus efectos tóxicos y persistencia son considerados como polucionantes ambientales.(García et al., 2002).

## **Suelo**

El suelo es un recurso natural no renovable, al menos en una escala de tiempo humano.(García et al., 2002).

## **Suelo Contaminado**

Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana, según lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM.(MINAM, 2016).

## **Brassica**

Rosa (1999). menciona que el género Brassica pertenece a la familia de las crucíferas está integrado por 37 especies distribuidas por todo el mundo debido a su capacidad de adaptación a un amplio rango de condiciones climáticas. Prefieren las regiones templadas y subtropicales del hemisferio norte, aunque en general se consideran plantas resistentes a las heladas y a la sequía.

Desde el punto de vista económico este género es el más importante de la familia de las crucíferas porque a él pertenecen varias especies cultivadas como hortalizas, condimentos, oleaginosas y forrajes. Actualmente, entre todas las hortalizas, este género ocupa el tercer lugar en producción y consumo en los países desarrollados por detrás de las patatas y los tomates. Los usos de las brásicas son tan variables como sus formas y productos, pudiéndose utilizar tanto en la alimentación humana, como en el animal, en la industria y en la ornamentación.(Cartea et al., 2006)

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El nivel de contenido de metales pesados en la col serrana (*Brassica sp*) son altos

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- El nivel de contenido de plomo en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (*Brassica sp*) es mayor a 20 ppm.
- El nivel de contenido de cadmio en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (*Brassica sp*) es mayor a 15 ppm.

## **2.5. Identificación de las variables**

### **2.5.2. Variable independiente**

El nivel de contenido de metales pesados.

### **2.5.2. Variable dependiente**

Col serrana (*Brassica sp*) en suelos contaminados.

## **2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.**

**Tabla 3**

**Operacionalización de las variables**

	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INDICE</b>
<b>G E N E R A L</b>	El nivel de contenido de metales pesados en la col serrana ( <i>Brassica sp</i> ) en son altos	<b>Variable Independiente</b> El nivel de contenido de metales pesados	los niveles de contaminación son proporcionales a la distancia de la fuente de contaminación.	Plomo	
	El nivel de contenido de plomo en las hojas, tallo y raíz de la col serrana ( <i>Brassica sp</i> ) es mayor a 20 ppm	<b>Variable dependiente</b> Col serrana ( <i>Brassica sp</i> ) en suelos contaminados	El género Brassica pertenece a la familia de las crucíferas y está integrado por 37 especies distribuidas por todo el mundo debido a su capacidad de adaptación a un amplio rango de condiciones climáticas. Algunas especies pueden almacenar en las hojas: Cd, Co, Ni y Zn, con concentraciones mayores a 2 % de su biomasa; el mayor porcentaje corresponden a la familia Brassicaceae.	Cadmio	Hoja Tallo Raíz
<b>E S P E C I F I C O</b>	El nivel de contenido de zinc en las hojas, tallo y raíz de la col serrana ( <i>Brassica sp</i> ) es mayor a 15 ppm				

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1. Tipo de Investigación**

La investigación adoptó un enfoque experimental y transversal. En términos experimentales, se llevó a cabo un análisis en el laboratorio de suelo, agua y ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva , con el objetivo de determinar el contenido de metales pesados en la especie *Brassica sp* (col serrana) en diferentes partes de la planta, incluyendo hojas, tallo y raíces.

Este análisis experimental se realizó para interpretar el nivel de absorción que presenta la planta frente a la acumulación de los metales pesados en la mencionada especie. El término "experimental" se refiere a la manipulación controlada de variables en un entorno de laboratorio para observar y medir los efectos resultantes.

Por otro lado, en cuanto a la naturaleza transversal de la investigación, se llevaron a cabo las recolecciones de planta (muestras) en un único momento en el área identificada y georreferenciadas en la ciudad de San Juan Pampa-Yanacancha-Pasco.

##### **3.2. Nivel de Investigación**

La investigación se caracteriza claramente dentro de su nivel como aplicada, ya que tiene como objetivo principal evaluar los niveles de

concentración de metales pesados en la especie *Brassica sp.* En este contexto, el término "aplicada" sugiere que el estudio está orientado hacia la resolución de problemas prácticos o la obtención de información relevante para aplicaciones prácticas. En este caso específico, la aplicación se centra en comprender y evaluar la presencia de metales pesados en *Brassica sp.*, esto conlleva implicancias importantes para la salud ambiental y humana.

### **3.3. Métodos de investigación**

El enfoque metodológico de la investigación es la aplicada, el cual tiene relación con el método hipotético deductivo, ya que se buscó demostrar una hipótesis y aplicar principios generales. Dentro del marco del método científico general, se emplea un método específico que será descriptivo y analítico. Esta elección se debe a que se llevó a cabo un análisis detallado de las variables e indicadores presentes en la matriz de operacionalización de variables. El estudio se centró en examinar minuciosamente los niveles de contenido de metales pesados en (ppm) en la especie *Brassica sp.*, permitiendo así una comprensión más profunda de esta problemática específica. Para el desarrollo de la investigación se efectuó tres etapas en el proceso de investigación:

#### **A. Trabajo de Gabinete**

El trabajo consistió en la búsqueda y recolección de información de la especie col serrana (*Brassica sp.*) (revisión de artículos científicos, tesis desarrolladas en el tema, con buscadores bibliográficos).

#### **B. Trabajo de campo**

Para llevar a cabo la fase de campo, se realizó en primer lugar la identificación de áreas que albergan la presencia de col serrana (*Brassica spp.*). Posteriormente, se realizó la georreferenciación de cada una de estas áreas identificadas en el territorio de la ciudad de San Juan Pampa-Yanacancha. Una vez georreferenciadas, se procedió a la recolección de muestras de la especie, abarcando hojas, tallos y raíces. El proceso de

recolección de muestras se realizó con las pautas proporcionadas el laboratorio de suelo, agua, planta y ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Las muestras se obtuvieron de los suelos de las áreas identificadas en la localidad de San Juan Pampa. Estas muestras se prepararon de acuerdo con las indicaciones específicas del laboratorio, las hojas, tallo y raíz fueron incineradas en horno (Mufla) a una temperatura de 900 grados celcius con una duración de una hora. Se procedió a llenar las cenizas en una bolsa de papel con su respectiva etiqueta, se envió para el análisis detallado de las propiedades físicas y químicas correspondientes, Este enfoque garantizará la obtención de datos precisos y confiables sobre la presencia de metales pesados en la especie.

### **C. Laboratorio**

Por lo general, los métodos utilizados en el laboratorio son los métodos desarrollados y estandarizados. El sistema más usado es los procedimientos indicados en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) del Instituto de la calidad (INACAL).

Método para la determinación de micro elementos fue La Espectroscopía de Absorción Atómica (EAA-VARIAN ALEMANIA) en ceniza, para la determinación total de plomo y cadmio espectroscopía de Absorción Atómica (EAA-VARIAN ALEMANIA) en N total.

### 3.4. Diseño de investigación

**Figura 2**

*Distribución de las muestras*

PM_01_H	PM_02_H	PM_03_H
PM_01_T	PM_02_T	PM_03_T
PM_01_R	PM_02_R	PM_03_R
PM_04_H	PM_05_H	PM_06_H
PM_04_T	PM_05_T	PM_06_T
PM_04_R	PM_05_R	PM_06_R
	PM_07_H	
	PM_07_T	
	PM_07_R	
PM_08_H	PM_09_H	PM_10_H
PM_08_T	PM_09_T	PM_10_T
PM_08_R	PM_09_R	PM_10_R
PM_11_H	PM_12_H	PM_13_H
PM011_T	PM_12_T	PM_13_T
PM_11_R	PM_12_R	PM_1_R

*Leyenda:*

*PM: punto de muestra*

*R: raíz*

*T: tallo*

*H: hoja*

	<i>A.H. Techo Propio</i>
	<i>Machupicchu</i>
	<i>Asoc. Gerardo Patiño L.</i>
	<i>A.H. Daniel A. Carrión</i>
	<i>Urb. Yanacancha</i>
	<i>Av. El minero 27 de noviembre</i>

**Donde:**

Se empleo el diseño experimental, esta investigación se presenta mediante la manipulación de una variable no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de escribir de qué modo y por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Población de estudio fue las plantas de la col serrana (*Brassica spp*), existentes en la zona urbana de la ciudad de San Juan Pampa en el distrito de Yanacancha, provincia y región Pasco.

#### **3.5.2. Muestra**

Las muestras fueron las partes de la especie Col serrana (*Brassica spp*): raíces, tallos y hojas para evaluar el nivel de contenido de metales pesados haciendo un total de 39 muestras.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos fueron de forma manual utilizando las fichas diseñadas para la recolección de la muestra (hoja, tallo y raíz) para el caso de campo luego se envió la muestra con las respectivas etiquetas.

Para el caso de laboratorio se utilizó el protocolo para cada proceso.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.**

#### **A. Procedimiento de Selección.**

La selección de la recolección de información fue de antecedentes locales, nacionales e internacionales.

#### **B. Procedimiento de validación.**

Se utilizaron instrumentos como GPS Garmin, para la georreferenciación de los puntos, bolsas de papel para la recolección de la muestra (hoja tallo, raíz), etiquetas, tijera podadora, navaja de podar, cámara fotográfica.

Para la deshidratación de la muestra se utilizó horno de secado, para la realización del incinerado se utilizó horno de mufla (NAMBERTHERM 30 C° A 3000 C°).

### 3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

Las técnicas de procesamiento de datos se usó el programa Google Earth para georreferenciar los puntos y tablas en Microsoft Excel con la finalidad de un adecuado análisis de los resultados.

### 3.9. Tratamiento estadístico

Los datos fueron evaluados de la forma descriptiva para encontrar los estadísticos, luego se realizó la evaluación estadística mediante inferencias.

**Tabla 4**

*Tratamiento y muestra*

Nº de tratamiento	Muestras
PM 01	PM_01_R, PM_01_T, PM_01_H
PM 02	PM_02_R, PM_02_T, PM_02_H
PM 03	PM_03_R, PM_03_T, PM_03_H
PM 04	PM_04_R, PM_04_T, PM_04_H
PM 05	PM_05_R, PM_05_T, PM_05_H
PM 06	PM_06_R, PM_06_T, PM_06_H
PM 07	PM_07_R, PM_07_T, PM_07_H
PM 08	PM_08_R, PM_08_T, PM_08_H
PM 09	PM_09_R, PM_09_T, PM_09_H

---

PM 10	PM_10_R, PM_10_T, PM_10_H
PM 11	PM_11_R, PM_11_T, PM_11_H
PM 12	PM_12_R, PM_12_T, PM_12_H
PM 13	PM_13_R, PM_13_T, PM_13_H

---

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

La investigación se realizó de acuerdo al código de ética de investigación de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, el artículo 4 y 9 del inciso a) Priorizar la protección del ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos y los procesos ecológicos ante cualquier impacto negativo generado por actividades de investigación.

#### **Autoría:**

Se puede precisar PAITAN GILIAN, Jhan Ghardy es el autor del presente trabajo de investigación.

#### **A. Originalidad:**

Para la formulación de la investigación se citaron los textos que se mencionan en la presente investigación, la cual condujo a la ejecución de la investigación, las referencias bibliográficas han sido tomados en cuenta los autores y citados en la bibliografía sin alterar su contenido.

#### **B. Reconocimiento de fuentes:**

Las fuentes de los diferentes autores fueron citadas en la bibliografía sin alterar su contenido, según el formato APA 7ma edición.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Ubicación geográfica**

Región: Pasco

Provincia: Pasco

Distrito: Yanacancha

Lugares: AA. HH Techo Propio, AA. HH Columna Pasco,  
AA. HH Gerardo Patiño, AA. HH Daniel Carrión, AA. HH  
Vista Alegre (27 de noviembre)

Coordenadas: 9°45'10" Latitud Sur

74°45'76" Longitud Oeste

Altitud: 4350 msnm

Superficie total: 165.11 km<sup>2</sup>

##### **4.1.2. Ubicación política**

Por el Norte: Con el distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacán

Por el Sur: Con el distrito de Chuquimarca, Ninacaca y Tinyahuarco

Por el Este: Con el distrito Ninacaca y Ticlacayan

Por el Oeste: Distrito de Simón Bolívar, San Francisco de Asís de Yarusyacan, Tinyahuarco y Chaupimarca.

#### 4.2. **Presentación, análisis e interpretación de resultados**

Las plantas de la familia Brassicaceae, como la col serrana presenta una capacidad de adaptación a climas adversos (bajas temperaturas, sequia, granizo, nevada) en la ciudad de San Juan Pampa del distrito de Yanacancha, esta especie también acumulan azúcares en sus tejidos, lo que actúa como anticongelante natural. Este proceso les permite sobrevivir a temperaturas bajo cero.

La mayoría de las Brassica pueden soportar el peso de la nieve, lo que les permite seguir creciendo incluso bajo una capa de nieve citar. La nieve también actúa como aislante y protege a las plantas del frío extremo, algunos son adaptadas para crecer en regiones con días cortos y menos luz solar durante el invierno. Pueden mantener su crecimiento en estas condiciones, lo que es importante para su adaptación a climas fríos y presentan una alta diversidad genética:

#### **Figura 3**

*Planta de la col serrana(Brassica sp)*



Fuente: Fotografías tomadas por el tesista.

Las hojas de la col serrana, también conocida como "*Brassica spp*" presentan varias características fisiológicas que las distinguen. Estas hojas suelen ser de un color verde oscuro y tienen una textura rugosa y dentada, con bordes ondulados o serrados, de ahí su nombre. Están adaptadas para el crecimiento en climas fríos y pueden resistir temperaturas bajas. Además, las hojas de la col serrana son ricas en nutrientes, especialmente en vitaminas y minerales, lo que las convierte en una fuente valiosa de alimentación. Además, debido a su capacidad para crecer en invierno, estas hojas son una fuente importante de verduras frescas en las estaciones más frías, contribuyendo a la disponibilidad de alimentos saludables a lo largo del año.

**Figura 4**

*Hojas de la Col Serrana*



Fuente: Fotografías tomadas por el tesista

### **Figura 5**

*Tallo de la Col Serrana*



Fuente: Fotografías tomadas por el tesista

### **Figura 6**

**Raíz de la Col Serrana**



Fuente: Fotografías tomadas por el tesista

Después de la toma de las muestras y el análisis en el laboratorio se halló los resultados:

En la tabla 5 menciona lo siguiente:

**Cadmio (Cd):**

- Código E0202-1 (Hoja): El valor de Cd (0.1001 ppm) supera ligeramente el límite de 0.05 mg/kg.
- Código E0202-2 (Raíz): El valor de Cd (0.0302 ppm) cumple con el límite.
- Código E0202-3 (Tallo): El valor de Cd (0.08 ppm) supera el límite.

- **Plomo (Pb):**

- Código E0202-1 (Hoja): El valor de Pb (0.0213ppm) Cumple con el limite
- Código E0202-2 (Raíz): El valor de Pb (0.0185ppm) cumple con el límite.
- Código E0202-3 (Tallo): El valor de Pb (0.0231 ppm) cumple con el limite de 0.1mg/kg

- **Cobre (Cu):** Todos los códigos (Hoja, Raíz y Tallo) superan el límite de 20 mg/kg.

- **Zinc (Zn):** Todos los códigos (Hoja, Raíz y Tallo) superan el límite de 100 mg/kg.

- **Manganeso (Mn):** El código E0202-2 (Raíz) muestra un valor extremadamente alto para Mn, pero la UE generalmente no establece límites específicos para Mn en las plantas sobre todo en las brassicas

Sin embargo, un valor de 12374 ppm (12.374 mg/kg) es muy alto.

- **Hierro (Fe):** El código E0202-2 (Raíz) muestra un valor extremadamente alto para Fe, pero la UE generalmente no establece límites específicos para Fe en plantas de brassica . Un valor de 23210 ppm (23.21 mg/kg) es muy alto.

**Tabla 5***Análisis de laboratorio de la muestra*

Código	Referencia	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)
E0202-1	Hoja	0.1001	0.0213	31	216	910	4560
E0202-2	Raíz	0.0302	0.0185	177	466	12374	23210
E0202-3	Tallo	0.08	0.0231	124	1091	1852	7450

La tabla 6 presenta los resultados de una prueba estadística con un valor de prueba de 0.05 y un grado de libertad (t-gl) igual a 2. La prueba es bilateral y se refiere a la comparación de las diferencias de medias en los niveles de cadmio (Cd) en dos grupos o condiciones. El valor prueba (Sig.) es 0.435, lo que indica que no hay evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencia significativa en los niveles de cadmio entre los dos grupos. La diferencia de medias es 0.0201 ppm, con un intervalo de confianza del 95% para la diferencia que varía desde -0.06929 ppm hasta 0.10949 ppm.

**Tabla 6***Prueba de hipótesis para LMP de Cadmio*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Cd (ppm)	,967	2	,435	,020100	-,06929	,10949

La tabla 7 presenta resultados de una prueba en la que se ha utilizado un valor de prueba de 0.1 en una prueba t de dos colas. Los datos se refieren al contenido de plomo (Pb) en alguna muestra o conjunto de muestras. El valor t es -59.054, lo que indica una diferencia significativa entre las medias de las muestras en comparación con el valor de prueba. El valor de significancia (Sig.) es igual a 0.000, lo que sugiere una alta significancia estadística. La diferencia de medias es de -0.079033, y el intervalo de confianza del 95% para esta diferencia varía desde -0.08479 hasta -0.07327.

**Tabla 7***Prueba de hipótesis para el LMP Plomo*

	Valor de prueba = .1					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Pb (ppm)	-59,054	2	,000	-,079033	-,08479	-,07327

**4.3. Prueba de Hipótesis**

H0: El nivel de contenido de metales pesados en la col serrana (*Brassica sp*) son altos

H1: El nivel de contenido de metales pesados en la col serrana (*Brassica sp*) no son altos para plomo y cadmio y para zinc , cobre, manganeso y hierro si son altos.

**Interpretación:** De acuerdo a las tablas de la prueba de hipótesis la concentración de Cadmio no presenta una diferencia significativa en sus niveles, dado que el sig es mayor al 0.05 aceptando la hipótesis nula.

Sin embargo, para el contenido del plomo existe una disminución significativa, por lo que su intervalo de confianza es cero y menor al 0.05.

Asimismo, los límites para cadmio y plomo se cumplen, pero los límites para cobre y zinc se superan en todos los casos. Además, los valores de manganeso y hierro en el código E0202-2 (Raíz) son significativamente altos, aunque la Unión Europea (UE) no establece límites específicos para estos metales en las brassicas.

Por lo que esta especie estudiada tiene la capacidad de acumular metales pesados en diferentes niveles

**4.4. Discusión de resultados**

La Unión Europea (UE) establece límites máximos permisibles para metales pesados en hortalizas y otros alimentos a través de su Reglamento (CE) No 1881/2006, que fue modificada por reglamento (UE) 2021/1323 de la comisión aprobado el 10 de agosto de 2021, estos límites se aplican para

garantizar la seguridad alimentaria y la protección de la salud de los consumidores. Los límites máximos permisibles varían según el tipo de metal pesado y el tipo de hortaliza. Algunos de los metales pesados regulados y sus límites máximos permitidos en hortalizas según la normativa de la UE se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Límites máximos permisibles por la Unión Europea*

<b>Metales Pesados</b>		<b>Límite máximo en verduras (mg/kg)</b>
Plomo	Pb	0.1
Cadmio	Cd	0.05 hasta 0.1
Mercurio	Hg	0.02
Arsenio inorgánico	As	0.1
Cobre	Cu	20
Zinc	Zn	100
Manganeso	Mn	100

Nota: Reglamento (UE) 2021/1323

Para el caso del cobre (Cu), el zinc (Zn) y el manganeso (Mn), en alimentos, incluyendo hortalizas entre otros, se rige a través de su Reglamento (UE) No 1323/ 2021. Estos límites se aplican para garantizar la seguridad alimentaria y la protección de la salud de los consumidores. Los límites máximos permitidos para estos metales en hortalizas pueden variar según el tipo de metal.

Sin embargo, para el hierro la Unión Europea (UE) establece límites máximos permisibles para el contenido de hierro en alimentos, pero no existen límites específicos para el hierro en brassicas. Los límites máximos permisibles de hierro en los alimentos generalmente se establecen de manera indirecta, a través de los valores de referencia dietéticos y los niveles seguros de exposición a metales en la dieta.

El hierro es un nutriente esencial y no suele ser objeto de regulación específica en términos de límites máximos permisibles en alimentos, ya que es

necesario para la salud humana. Sin embargo, en algunos casos, se pueden establecer límites para metales pesados en alimentos, y el hierro podría estar presente en niveles considerados seguros desde el punto de vista de la salud.

Hay que tener en cuenta que, en general, el contenido de hierro en las brassicas y otros vegetales suele ser beneficioso desde el punto de vista nutricional, ya que el hierro presente en los alimentos de origen vegetal se absorbe de manera diferente al hierro hemo presente en alimentos de origen animal.

## CONCLUSIONES

Los niveles de metales pesados en las muestras varían significativamente. El cadmio (Cd) se encuentra en concentraciones ligeramente por encima del límite permitido en las hojas (0.1001 ppm), cumple con el límite en las raíces (0.0302 ppm) pero supera el límite en los tallos (0.08 ppm). En cuanto al plomo (Pb), todas las partes de las coles (hojas, raíces y tallos) cumplen con el límite de 0.1 mg/kg. Sin embargo, el cobre (Cu) y el zinc (Zn) superan los límites establecidos en todas las partes de las coles, con concentraciones de 20 mg/kg y 100 mg/kg, respectivamente. Por último, el manganeso (Mn) en las raíces muestra un valor extremadamente alto de 12.374 mg/kg, aunque la UE generalmente no establece límites específicos para el Mn en las verduras. Estos resultados indican una variabilidad en la acumulación de metales pesados en diferentes partes de las coles, lo que puede tener implicaciones en la seguridad alimentaria y la gestión de la calidad del suelo.

Se evidencio que la col serrana es una planta altamente resistente a la contaminación por metales pesados en el suelo. Sus raíces tienen la capacidad de acumular metales pesados y, a menudo, actúan como una especie de "filtro verde," extrayendo estos metales del suelo. Esto es beneficioso tanto para la planta como para el suelo, ya que ayuda a reducir la concentración de metales tóxicos en el entorno.

Se ha observado que la col serrana puede desempeñar un papel importante en la Fito estabilización de suelos contaminados. Por los que contribuye a evitar la dispersión de metales pesados y reducir la movilidad de estos contaminantes en el suelo. Al hacerlo, la col serrana ayuda a prevenir la contaminación de fuentes de agua subterránea y proteger la salud de los ecosistemas circundantes.

La capacidad de la col serrana para acumular metales pesados la convierte en una candidata prometedora para la fitorremediación, un enfoque de restauración de suelos contaminados. Esto implica el cultivo de plantas que pueden extraer metales pesados del suelo, seguido de la posterior recolección y eliminación segura de las partes de la planta que contienen los contaminantes. La col serrana podría utilizarse de

manera efectiva en programas de fitorremediación para la restauración de suelos contaminados.

## RECOMENDACIONES

Realizar un muestreo representativo de las muestras de suelo y de las plantas de col serrana, teniendo en cuenta las áreas que reflejen adecuadamente las condiciones del suelo contaminado y recopilar muestras de suelo y plantas de manera sistemática en diferentes ubicaciones dentro de la zona de estudio.

Tener en cuenta otros factores que pueden influir en los resultados, como las condiciones climáticas, la variabilidad del suelo, y otros contaminantes presentes en el entorno. Controla y documenta estos factores para interpretar adecuadamente los resultados.

En el caso de realizar estudios en campos agrícolas, considera la implementación de buenas prácticas agrícolas para reducir la contaminación del suelo y minimizar el riesgo para la salud de los consumidores. Esto incluye técnicas de gestión del suelo, selección de variedades resistentes y monitoreo continuo.

También ya que la brassica sp pertenece a la familia de especies cultivadas y por tanto hay personas que lo consumen y por tanto se recomienda analizar bien mediante un estudio bromatológico en el cual se determinara aun mas si esta especie puede ser consumida sin que de mayor problemas en la salud de las personas.

Al realizar estudios sobre los niveles de metales pesados en la col serrana en suelos contaminados, esta requiere una planificación cuidadosa, un muestreo representativo, análisis de laboratorio confiables y la consideración de factores confusos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Decreto Supremo 014-92-EM. (1992). *Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería*. Perú. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/900997/DS-014-92-EM\\_\\_TUO\\_.pdf?v=1593565033](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/900997/DS-014-92-EM__TUO_.pdf?v=1593565033)
- Sáciga Mendoza, M. M. (2019). *Análisis del proceso de evaluación ambiental del instrumento de gestión ambiental para la formalización minera*. Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/707>
- Anderson, M. (2016). *Escalas de medición y variables en estadística*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://mauricioanderson.com/escalas-de-medicion-estadistica/>
- Angulo Rodríguez, C. (2012). *Desarrollo Socioeconómico. Elaboración de un texto de desarrollo socioeconómico*. Lima.
- Ayala Yauri, B. (2010). Tesis. *Planificación y Diseño de una Propuesta de Ecoturismo para el Distrito de Pallanchacra*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco.
- Balcona Mamani, A. H. (2022). *Evaluación del proceso de formalización minera integral de la pequeña minería y minería artesanal en la región de Puno*. (U. N. Altiplano, Ed.) Puno. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3218927>
- Blanco Benavente, E. E., & Paricahua Sinca, H. F. (2020). *Identificación y valoración de impactos ambientales generados por las actividades de la minería informal, en el Cerro Luicho del Distrito de Colta, Provincia de Paucar del Sara Sara, Ayacucho*. Ayacucho. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3017>

Brack Egg , A. (2010). *Infobosques.com*. Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/368.pdf>

Calduch Cervera, R. (2014). *MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN INTERNACIONAL*. MADRID: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Metodos%20y%20Tecnicas%20de%20Investigacion%20Internacional%20v2.pdf>

Chávez Bazán, J. L. (2019). *La evolución de las disposiciones gubernamentales para el proceso de formalización minera en las actividades de pequeña minería y minería artesanal en el Perú, entre los años 2012 al 2018*. Lima - Perú. Obtenido de [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15025/CHAVEZ\\_BAZAN\\_JORGE\\_LUIS\\_EVOLUCION\\_DISPOSICIONES\\_FORMALIZACION\\_MINERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15025/CHAVEZ_BAZAN_JORGE_LUIS_EVOLUCION_DISPOSICIONES_FORMALIZACION_MINERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Chávez Bazán, J. L. (2019). *La evolución de las disposiciones gubernamentales para el proceso de formalización minera en las actividades de pequeña minería y minería artesanal en el Perú, entre los años 2012 al 2018*. (P. U. Perú, Ed.) Peru. Obtenido de <https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=c8f68a98-e96c-489f-b806-84cf44ae606e%40redis&bdata=JkF1dGhUeXBIPWIwLHNzbyZsYW5nPWVzJnNpdGU9ZWRzLWxpdmUmc2NvcGU9c2l0ZQ%3d%3d#AN=CONCYTEC.20.500.12404.15025&db=ir00912a>

Coelho, F. (19 de marzo de 2020). *Significado de Crecimiento poblacional*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.significados.com/crecimiento-poblacional/>

Concepto definicion.de. (2019). *Zona Agrícola*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://concepto definicion.de/zona-agricola/>

Concha Pérez, M. (2013). Impacto Ambiental del Crecimiento Urbano en el Alto Q'osqo, San Sebastian - Cusco. *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://repebis.upch.edu.pe/articulos/antoniano/v23n123/a9.pdf>

Congreso de la República. (2005, 15 de octubre). *Ley General del Ambiente - Ley N° 28611*. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H901891>

Congreso de la República. (2017, 6 de enero). *Decreto Legislativo N° 1336 - Decreto Legislativo que establece disposiciones para el proceso de formalización minera integral*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1171584>

Congreso de la República. (2021). *Ley N° 31388, Ley que prorroga la vigencia del proceso de formalización minera integral*. Peru. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1301058>

Consejo nacional del Ambiente. (2000). <https://wedocs.unep.org/>. Recuperado el Octubre de 2019, de <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8512/-Peru%20National%20State%20of%20the%20Environment%20Report%202000%20-%20GEO%20Peru-1999GEO-Peru.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Datosmacro. (2018). Perú registra un incremento de su población. *Expansión*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de [Expansio: https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion/peru](https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion/peru)

Decreto Legislativo N° 1293. (2016). *Decreto Legislativo que declara de interés nacional la formalización de las actividades de la pequeña minería y minería artesanal*. Perú. Obtenido de <https://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-czz0zbcc4ukzrc-decreto-legislativo-1293-1468957-2.pdf>

Decreto Legislativo N°1336. (2017). *Decreto Legislativo N° 1336*. Perú. Obtenido de <https://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-k8366lqj9z8sc674z-Decreto-Legislativo-n-1336-1471014-2.pdf>

Decreto Supremo N°016-2022-EM. (2022). Decreto Supremo N° 016-2022-EM. *Diario Oficial el Peruano*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3917139/DS%20N%C2%B0%20016-2022-EM.pdf.pdf?v=1670427933>

Decreto Supremo N° 038-2017-EM. (2017). *Establecen Disposiciones Reglamentarias para el Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal*. Perú: El peruano. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/308245/D.S.\\_N\\_\\_038-2017-EM\\_Reglamento\\_IGAFOM.pdf?v=1555364431](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/308245/D.S._N__038-2017-EM_Reglamento_IGAFOM.pdf?v=1555364431)

Definiciones XYZ. (2015). *Concepto de Desarrollo Urbano*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.definicion.xyz/2018/05/desarrollo-urbano.html>

Del Castillo Talenas, S. H. (2018). *CAPTURA DE CARBONO EN PLANTAS FORESTALES DE 10 AÑOS DE EDAD EN EL I.E.S.T.P. NOR ORIENTAL*. Huanuco: UDH.

Díaz Lazo, J. H. (2016). *Evaluación de la contaminación del suelo con plomo y su efecto en la sangre de las poblaciones vulnerables en la ciudad de Cerro de Pasco*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (Perú).

Ejemplosde.com. (2019). *Ejemplos de proyectos sociales*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://ejemplosde.co/proyectos-sociales/>

El Estado Peruano. (2021). *gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/8487-superintendencia-nacional-de-aduanas-y-de-administracion-tributaria-registro-integral-de-formalizacion-minera-reinfo>

Enciclopedia Libre. (2 de junio de 2020). *Crecimiento poblacional*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Crecimiento\\_poblacional#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20crecimiento%20poblacional,de%20tiempo%20para%20su%20medici%C3%B3n.](https://es.wikipedia.org/wiki/Crecimiento_poblacional#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20crecimiento%20poblacional,de%20tiempo%20para%20su%20medici%C3%B3n.)

Estela Raffino, M. (2020). *Crecimiento Poblacional*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://concepto.de/crecimiento-poblacional/>

Fennell, D. A. (1999). Sustainable Development. *Ecotourism*. University of Huddersfield.

Ficeda. (2017). *Lo que no sabes de la Central de Abastos*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.cityexpress.com/blog/lo-que-no-sabes-de-la-central-de-abastos>

Gamarra Agama, S. (2017). *Ánalysis de la Cobertura y Uso de la Tierra Utilizando imágenes de Resolución Espacial Media para el Distrito de San Ramón - Chanchamayo - Junín - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Ciencias Forestales*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3292>

Geoinova. (2019). *¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica (SIG)?* Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://geoinnova.org/cursos/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig/>

- Gerencia de Planeamiento Urbano. (2020). *Proceso para la formulación del nuevo Plan de Desarrollo Urbano 2022 – 2032*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://msi.gob.pe/portal/proceso-para-la-formulacion-del-nuevo-plan-de-desarrollo-urbano-2022-2032/#:~:text=Un%20plan%20de%20desarrollo%20urbano%20es%20un%20documento%20t%C3%A9cnico%20donde,ha%20de%20hablar%20en%20dicho>
- Gestion en Recursos Naturales (GRN). (2018). *Impactos Ambientales*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>
- Gobierno Regional Pasco. (2015). *Estudio de diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de la provincia Daniel Carrión*. Cerro de Pasco.
- Granados Posso, C. C. (2019). *El proceso de formalización minera integral en el Perú y la vulneración de los derechos de los concesionarios mineros*. Lima-Perú: Universidad de Lima. Obtenido de [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/9458/Granados\\_Posso\\_Carmen\\_Clemencia.pdf?sequence=4](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/9458/Granados_Posso_Carmen_Clemencia.pdf?sequence=4)
- Guevara, M. (2017). Impacto del crecimiento urbano en zonas agrícolas: Reserva Territorial, Puebla. doi:10.18537/est.v006.n011.a04
- Haller, A. (2016). Los impactos del crecimiento urbano en los campesinos andinos. Un estudio de percepción en la zona rural-urbana de Huancayo, Perú. *Instituto de Investigación Interdisciplinaria de Montaña*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espaciodydesarrollo/article/view/17579/18486>

- Hossain, M., Ngo, H., Guo, W., Nguyen, T., & Vigneswaran, S. (2014). Rendimiento de los residuos de col y coliflor en la eliminación de metales pesados. *Desalination and Water Treatment*, 844-860.
- Ibarra Sarlat, R. (2003). *www.juridicas.unam.mx*. Recuperado el Julio de 2019, de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/3/1089/3.pdf>
- INEI. (2007). *censos.inei.gob.pe* . Recuperado el Octubre de 2019, de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1136/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1136/libro.pdf)
- INEI. (2013). *inei.gob.pe*. Recuperado el 03 de Noviembre de 2019, de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1140/cap02.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1140/cap02.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (abril de 2020). *Densidad de población*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://www.sielocal.com/informe/565/Densidad-de-poblaci%C3%B3n>
- Jimenez Inza, J. C. (2019). *Evaluación de la aplicación del instrumento de gestión ambiental para la formalización de la pequeña minería y minería artesanal en el distrito de Supe – Barranca - Lima - 2019*. Lima: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2418>
- Ley General del Ambiente. (2005). *Ley General del Ambiente*. Perú. Obtenido de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2\\_uibd.nsf/46BDA80A2F7B1DE5052575C30052CF8D/\\$FILE/Ley\\_General\\_de\\_Ambiente\\_28611.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/46BDA80A2F7B1DE5052575C30052CF8D/$FILE/Ley_General_de_Ambiente_28611.pdf)
- Ley N° 27651. (2002). *Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal*. Perú. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-27651.pdf>

- Li, S., Sun, X., Li, S., Liu, Y., Ma, Q., & Zhou, W. (2020). Efectos de las enmiendas en la biodisponibilidad, transformación y acumulación de metales pesados por la col pakchoi en un suelo contaminado por múltiples elementos. *Royal Society Of Chemistry*, 4395-4405.
- LiderDeProyecto.com. (2020). *Megaproyectos*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://www.liderdeproyecto.com/megaproyectos/>
- Luhing Soto, J. D., & Torres Congachi, D. P. (2021). *La Política de Ampliación de Plazos en la Formalización Minera y su relación con el Daño Ambiental, en el departamento de Ayacucho*. Trujillo: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/69934/Luhing\\_SJ-D-Torres\\_CDP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/69934/Luhing_SJ-D-Torres_CDP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mariátegui D'Ornellas, L. R. (2019). *El Proceso de Formalización Minera Integral y su relación con el ambiente*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15994/RODRIGUEZ\\_MARIATEGUI\\_D%c2%b4ORNELLAS\\_LUIS\\_JOS%c3%89.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15994/RODRIGUEZ_MARIATEGUI_D%c2%b4ORNELLAS_LUIS_JOS%c3%89.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Masalías, V. (2022). *Cerro de Pasco: una ciudad que desaparece por la minería*. Lima: ArchDaily Perú.
- Meza, C., & Comeca, M. (2011). Aplicación del SIG en el crecimiento urbano de la ciudad de Pucallpa para su gestión y ordenamiento ambiental. *Investigaciones Sociales*, 63-64. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sociales/article/view/7361/6434>

- MINEM. (2018). *Eitird.mem.gob.do*. Obtenido de [Eitird.mem.gob.do: https://eitird.mem.gob.do/actividad-minera-exploracion-produccion-y-exportacion/](https://eitird.mem.gob.do/actividad-minera-exploracion-produccion-y-exportacion/)
- Ministerio de Energía y Minas. (1992, 4 de junio). *DECRETO SUPREMO N° 014-92-EM - Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería*. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H754834>
- Ministerio de Energía y Minas. (2017, 1 de junio). *Decreto Supremo N° 018-2017-EM - Establecen disposiciones complementarias para la simplificación de requisitos y la obtención de incentivos económicos en el marco del Proceso de Formalización Minera Integral*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1181740>
- Ministerio de Energía y Minas. (2017, 1 de noviembre). *Decreto Supremo N° 038-2017-EM Establecen Disposiciones Reglamentarias para el Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1192891>
- Ministerio de Energía y Minas. (2022, 25 de noviembre). *Decreto Supremo N° 016-2022-EM - Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional Multisectorial para la Pequeña Minería y Minería Artesanal al 2030*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1331293>
- Montalvo Soto, Y. Y. (2019). *Modelo de gestión para la formalización de pequeña minería y minería artesanal basado en la metodología Six Sigma en la región Ancash*. Ancash: Univesidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/635426/Montalvo\\_SY.pdf?sequence=3](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/635426/Montalvo_SY.pdf?sequence=3)

- Ordenanza General de Urbanismo y Cosntrucciones (OGUC). (2018). *¿Qué es el Uso de Suelo?* Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://scsarquitecto.cl/uso-de-suelo-que-es/>
- Organización Mundial de Turismo. (Setiembre de 2018). *www.unwto.org*. Recuperado el 21 de Octubre de 2019, de <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284419890>
- Orgaz Agüera, F. (Diciembre de 2013). *http://www.eumed.net/*. Recuperado el 04 de Noviembre de 2019, de <http://www.eumed.net/rev/turedes/15/ecoturismo.pdf>
- Pandey, N., & Prakash Sharma, C. (2002). Efecto de los metales pesados Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> y Cd<sup>2+</sup> sobre el crecimiento y el metabolismo de la col. *Plant Science*, 753-758.
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2009). *Definición de Agricultura*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://definicion.de/agricultura/>
- Plataforma Educativa de Recursos Digitales (PERD). (2015). *La Agricultura en el Perú*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://carpetapedagogica.com/agriculturaenelperu>
- Poder Ejecutivo. (2016, 30 de diciembre). *DECRETO LEGISLATIVO N° 1293 - Decreto Legislativo que declara de interés nacional la formalización de las actividades de la pequeña minería y minería artesanal*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1170895>
- PROMPERU. (2002). *Situación del ecoturismo en el Perú*. Lima: Primera edición.
- Ramírez Ivanova, E. A. (2012). Tesis. *El ecoturismo comunitario como vía de desarrollo local sustentable para el ejido Benito Juárez en Laguna Ojo de Liebre B.C.S.* El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, B.C., México.
- Rodríguez, V. (2015). Impacto del crecimiento poblacional en el medio ambiente. *Relaciones De Población*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de

<https://valenanit.webnode.com.co/ecologia/crecimiento-poblacional-humano/impacto-del-crecimiento-poblacional-en-el-medio-ambiente/#:~:text=Relaciones%20De%20Poblaci%C3%B3n-,Impacto%20del%20crecimiento%20poblacional%20en%20el%20medio%20ambiente,la%20superv>

Rosete Vergés, F., Pérez Damián, J., & Bocco, G. (2008). Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n67/n67a4.pdf>

Rueda Berlanga, C. R. (2017). *DETERMINACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA ACTIVIDAD MINERA EN EL DISTRITO DE OYOLO, REGIÓN AYACUCHO, 2017*. Arequipo: EPG Universidad Católica de Santa María . Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/8900/8V.1873.MG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz Mitjana, L. (2018). *¿Qué es el diseño de investigación y cómo se realiza?* Recuperado el 27 de junio de 2020, de [Analizamos el conjunto de herramientas, técnicas y métodos idóneos para realizar una investigación.:](https://psicologiymente.com/miscelanea/disenio-de-investigacion)

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SMARNP). (2000). Impactos ambientales del crecimiento de la población en México. *Semarnap*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de [http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas\\_2000/compendio\\_2000/01dim\\_social/01\\_01\\_Demografia/data\\_demografia/Recuadro1.1.1.htm](http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/01dim_social/01_01_Demografia/data_demografia/Recuadro1.1.1.htm)

Shutterstock. (2017). *Tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa*. Recuperado el 27 de junio de 2020, de [Métodos de investigación:](#)

<https://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa.html>

Tucto Villanueva, A. N. (2015). Provincia Daniel Carrión - Yanahuanca. *El Diamante*, 24.

Ugaz Cotrina, S. (2018). Tesis. *Ecoturismo como oportunidad de desarrollo sostenible del distrito de Jazán, departamento Amazonas - 2015*. Universidad Señor de Sipán, Jazán.

Vilches, A., Gil Pérez, D., Toscano, J., & Macías. (2014). *Crecimiento demográfico y Sostenibilidad*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.oei.es/historico/decada/accion.php?accion=4>

Wu, Q., Su, N., Cai, J., Shen, Z., & Jin, C. (2014). El agua rica en hidrógeno mejora la tolerancia al cadmio en la col china al reducir la absorción de cadmio y aumentar las capacidades antioxidantes. *Journal of Plant Physiology*, 174-182.

Xian, X. (1989). Efecto de las formas químicas de cadmio, zinc y plomo en suelos contaminados sobre su absorción por las plantas de col. *Plant and Soil*, 257–264.

Zárate Martín, M. (s.f.). *Crecimiento Poblacional*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de GeoEnciclopedia: <https://www.geoenciclopedia.com/crecimiento-poblacional/>

## **ANEXOS**

## ANEXO N°1



Fuente: Google heart

Foto satelital donde se encuentran los puntos muestra

### FOTOGRAFIAS TOMADAS EN CAMPO PARA RECOLECCION DE MUESTRA



Foto N°1 : Toma de la muestra N° P\_M07



Foto N°2 : Sacando una muestra completa de raíz ,tallo y hoja



Foto N°3: Recolección de muestra de otro punto

FOTOGRAFIAS TOMADAS DESPUES DE RECOLECCION EN CAMPO



Foto N° 4: Medición de las raíces, tallos y hojas

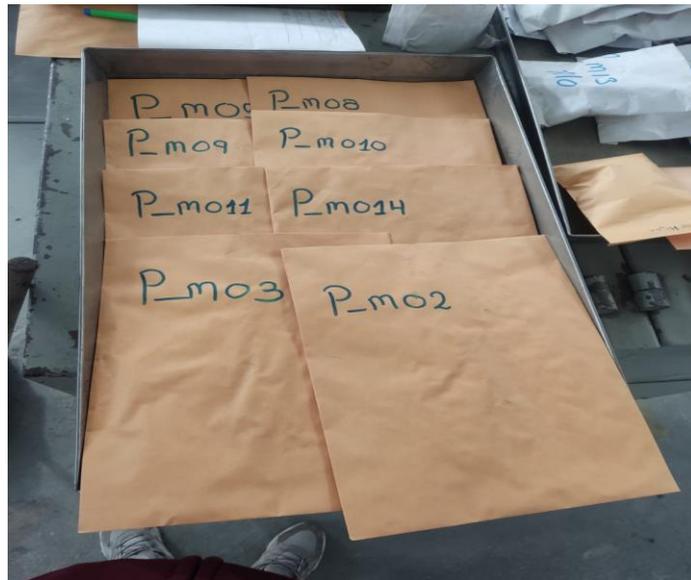


Foto N° 5 : Separando y poniendo etiquetas a cada muestra recogida

FOTOGRAFÍAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO



FOTO N° 6: Pesando las muestras recogidas



FOTO N°7: Metiendo las muestras al horno de vacío para su secado



FOTO N° 8: Preparando las muestras para ponerlas en el crisol para su posterior incineración



FOTO N° 9: Muestras listas para la incineración



FOTO N° 10: Muestras incinerándose



FOTO N° 11: Muestras listas para ser analizadas por absorción atómica

## Anexo 2 Matriz de consistencia

**Título:** Evaluación de la actividad ecoturística para el desarrollo socioeconómico en el distrito de Yanahuanca – provincia Daniel Alcides Carrión – departamento Pasco - 2023

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	ESTADISTICA
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es el nivel de contenido de metales pesados en la col serrana (Brassica sp) en suelos contaminados en el distrito de Yanacancha -Pasco?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar los niveles de contenido de metales pesados en la col serrana (Brassica sp)</p>	<p><b>Hipótesis General</b> El nivel de contenido de metales pesados en la col serrana (Brassica sp) son altos</p>	<p><b>V.I</b> El nivel de contenido de metales pesados</p>	<p><b>Población</b> Los órganos no reproductivos (hojas, tallo y raíces) de Brassica sp</p>	<p><b>Método</b> Hipotético - deductivo</p>	<p>Estadística Inferencial</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p>	<p><b>V.D</b></p>	<p><b>Muestra</b></p>	<p><b>Nivel de investigación</b></p>	<p><b>Validación de hipótesis</b></p>
<p>¿Cuál es el nivel de contenido de plomo en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (Brassica sp)?</p>	<p>Determinar el nivel de contenido de plomo en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (Brassica sp)</p>	<p>El nivel de contenido de plomo en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (Brassica sp) es mayor a 20 ppm</p>	<p>Col serrana (Brassica sp) en suelos contaminados</p>	<p>Muestreo intencionado no probabilístico</p>	<p>Causal</p>	<p>Pruebas no paramétricas</p>
<p>¿Cuál es el nivel de contenido de Cadmio en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (Brassica sp)?</p>	<p>Determinar el nivel de contenido de cadmio en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (Brassica sp)</p>	<p>El nivel de contenido de cadmio en las hojas, tallo y raíz de la col serrana (Brassica sp) es mayor a 15 ppm</p>		<p>No Experimental</p>	<p>Diseño</p>	<p>Rho de Spearman</p>

## Anexo 3 Resultados del análisis de laboratorio de suelos

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



# ANÁLISIS ESPECIAL



### 1. DATOS

SOLICITANTE:	JHAN GHARDY PAITAN GILJAN	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	PASCO	FECHA DE RECEPCION:	18/10/2023
PROVINCIA:	PASCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	18/10/2023
DISTRITO:	YANACANCHA	FECHA DE REPORTE:	23/10/2023
LOCALIDAD:	SAN JUAN PAMPA	RECIBO O FACTURA:	27611
MUESTRA:	FOLIAR	OBSERVACION:	---

### 2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS					
Código	Referencia	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)
E0202-1	HOJA	0.1001	0.0213	31	216	910	4560
E0202-2	RAIZ	0.0302	0.0185	177	466	12374	23210
E0202-3	TALLO	0.0800	0.0231	124	1091	1852	7450

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE AGRICULTURA

PROF. JUIS GERMAN NAMBILLA MINKAYA  
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





# MÉTODOS ANALÍTICOS

CARACTERÍSTICA	MÉTODO	CARACTERÍSTICA	MÉTODO
EXTRACTO	VIA SECA DIGESTIÓN ACIDA – HCl	HUMEDAD	ESTUFA 105° C MEMERT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE MACROELEMENTOS: Ca, Mg, K, Na	EAA VARIAN ALEMANIA	CENIZAS	MUFLA 660° C THERM CONCEPT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE FÓSFORO	METAVANADATO ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACIÓN DE MICROELEMENTOS: Fe, Mn, Zn, Cu	EAA VARIAN ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE AZUFRE	TURBIDIMETRIA DEL SULFATO DE BARIO ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACION DE BORO	COLORIMETRIA CON AZOMETINA-H ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA
CADMIO TOTAL Y PLOMO TOTAL	EAA VARIAN ALEMANIA	N TOTAL	KJENDHAL BUCHI ALEMANIA
CARBONATOS	NEUTRALIZACION ACIDA HCl 0.5N NaOH 0.25N	NITRÓGENO AMONIACAL Y DE NITRATOS	NTE INEN 0226: FERTILIZANTES.
PH	PH-METRO ISOLAB ALEMANIA	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA uS/cm	PROPORCION AGUA : MUESTRA 2 : 1