

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Absorción de plomo en suelos altamente contaminados mediante el
uso del pasto alto andino Stipa ichu, en la zona de laguna de**

Yanamate - Pasco 2022

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach: Roly Fernando TATAJE LAURA

Asesor:

Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Absorción de plomo en suelos altamente contaminados mediante el uso del
pasto alto andino Stipa ichu, en la zona de laguna de Yanamate - Pasco 2022**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Mg. Eleuterio Andrés ZVALETA SANCHEZ
MIEMBRO

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 105-2023-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:

**Absorción de plomo en suelos altamente contaminados
mediante el uso del pasto alto andino Stipa ichu, en la zona de
laguna de Yanamate - Pasco 2022**

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. TATAJE LAURA, Roly Fernando

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. ASTO LIÑAN, Julio Antonio

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

24 %

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 28 de agosto del 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villar Requís Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por haberme guiado en la senda de mi formación profesional, que fue de mucho sacrificio y dedicación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme durante todo el tiempo que pase en la universidad, dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas.

A mis docentes de la Escuela de Ingeniería Ambiental: Dr. Rommel López Alvarado, Dr. Héctor Oscanoa Salazar, Dr. David Johnny Cuyubamba Zevallos, Mg. Lucio Rojas Vitor, Mg. Anderson Marcelo Manrique y demás docentes.

A mi asesor Mg. Julio Antonio Asto Liñán, y los miembros del jurado calificador por haberme apoyado en la consolidación de la presente tesis de investigación.

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo evaluar la capacidad de absorción de plomo a través del uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, como método para descontaminar suelos degradados en la laguna de Yanamate en la Región Pasco. Para llevar a cabo este estudio, se llevaron a cabo visitas de campo durante las cuales se recolectaron cinco muestras de suelos contaminados y de la especie vegetal *Stipa ichu*.

Los resultados obtenidos muestran un promedio de temperatura de 11.02 °C, un pH de 6.14, una concentración inicial en el suelo de 204.2 mg/kg, una concentración final de 86 mg/kg. Esto condujo a determinar una acumulación de 118.22 mg/kg y un porcentaje de captación en las plantas del 54%. En consecuencia, se llega a la conclusión de que la especie vegetal *Stipa ichu* exhibe mecanismos eficientes de fitorremediación para descontaminar suelos afectados por metales pesados. Su capacidad para acumular metales y su impacto positivo en la calidad del suelo la posicionan como una opción prometedora para la rehabilitación de áreas

Palabras Claves: fitorremediación, *Stipa ichu*, metales pesados, yanamate, suelo contaminado

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the lead absorption capacity through the use of high Andean grass *Stipa ichu*, as a method to decontaminate degraded soils in the Yanamate lagoon in the Pasco Region. To carry out this study, field visits were made during which five samples of contaminated soils and the *Stipa ichu* plant species were collected.

The results obtained show an average temperature of 11.02 °C, a pH of 6.14, an initial soil concentration of 204.2 mg/kg, a final concentration of 86 mg/kg. This led to determine an accumulation of 118.22 mg/kg and a plant uptake percentage of 54%. Consequently, it is concluded that the plant species *Stipa ichu* exhibits efficient phytoremediation mechanisms to decontaminate soils affected by heavy metals. Its capacity to accumulate metals and its positive impact on soil quality position it as a promising option for the rehabilitation of areas affected by heavy metals.

Keywords: phytoremediation, *Stipa ichu*, heavy metals, yanamate, contaminated soil.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo derivada de la actividad minera representa una preocupación ambiental. La extracción de minerales implica la remoción masiva de suelo y roca, generando degradación y contaminación ambiental.

Los contaminantes, principalmente presentes en los residuos mineros como desechos de roca y relaves, contienen sustancias tóxicas como metales pesados y productos químicos nocivos. Estos contaminantes pueden infiltrarse en el suelo a través de lixiviación o erosión, afectando su calidad y capacidad para sustentar la vida vegetal y microorganismos beneficiosos.

Además, la liberación de polvo y partículas en el aire durante la actividad minera contribuye a la contaminación del suelo. Estas emisiones, que pueden contener sustancias tóxicas, afectan la calidad del suelo circundante.

La contaminación del suelo por la minería tiene consecuencias negativas para el ecosistema y la salud humana. Los contaminantes pueden llegar a las aguas subterráneas y superficiales, contaminando fuentes de agua y dañando ecosistemas acuáticos. La exposición a suelos contaminados puede representar un riesgo para la salud humana a través del consumo de alimentos cultivados en suelos contaminados o la inhalación de polvo contaminante.

Para abordar este problema, se requieren medidas de mitigación y remediación. Esto incluye prácticas de gestión ambiental en la minería, la rehabilitación de áreas mineras abandonadas y la aplicación de técnicas específicas para la remoción y tratamiento de suelos contaminados.

La fitorremediación, una estrategia ecológica, destaca como una opción prometedora. El *Stipa ichu*, una gramínea nativa de los Andes, ha demostrado ser efectivo en acumular metales pesados, siendo una opción sostenible para la restauración del suelo. Esta planta despierta interés por su capacidad para recuperar la calidad del suelo de manera natural. En esta introducción, se explorará en detalle el uso

del *Stipa ichu* en la fitorremediación, así como los beneficios y desafíos asociados con su aplicación.

ÍNDICE

| | |
|-------------------|--|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| INTRODUCCIÓN | |
| ÍNDICE | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

| | |
|---|---|
| 1.1. Identificación y determinación del problema..... | 1 |
| 1.2. Delimitación de la investigación | 4 |
| 1.3. Formulación del problema..... | 6 |
| 1.3.1. Problema general | 6 |
| 1.3.2. Problemas específicos | 6 |
| 1.4. Formulación de Objetivos. | 6 |
| 1.4.1. Objetivo general | 6 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 6 |
| 1.5. Justificación de la investigación | 7 |
| 1.6. Limitaciones de la investigación..... | 9 |

CAPITULO II

MARCO TEORICO

| | |
|--|----|
| 2.1. Antecedentes de estudio..... | 11 |
| 2.2. Bases teóricas- científicas | 17 |
| 2.2.1. Contaminación. | 17 |
| 2.2.2. Contaminación de Suelos..... | 18 |
| 2.2.3. Ecotecnología para el tratamiento de suelos | 22 |
| 2.2.4. Presencia de metales en los suelos | 23 |

| | |
|---|----|
| 2.2.5. Pasto altoandino Stipa lchu | 28 |
| 2.2.6. El plomo | 31 |
| 2.3. Definición de términos básicos..... | 34 |
| 2.4. Formulación de hipótesis | 35 |
| 2.4.1. Hipótesis general..... | 35 |
| 2.4.2. Hipótesis específicas..... | 36 |
| 2.5. Identificación de las variables | 36 |
| 2.5.1. Variable independiente..... | 36 |
| 2.5.2. Variable dependiente..... | 36 |
| 2.6. Definición Operacional de variables e indicadores..... | 36 |

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE LA INVESTIGACION

| | |
|---|----|
| 3.1. Tipo de Investigación | 37 |
| 3.2. Nivel de Investigación | 37 |
| 3.3. Métodos de investigación..... | 38 |
| 3.4. Diseño de investigación | 38 |
| 3.5. Población y muestra | 40 |
| 3.5.1. Población | 40 |
| 3.5.2. Muestra | 40 |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 41 |
| 3.6.1. Selección y toma de muestra | 41 |
| 3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación. | 41 |
| 3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos | 42 |
| 3.9. Tratamiento Estadístico | 42 |
| 3.10. Orientación ética filosófica y epistémica..... | 45 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|----|
| 4.1. Descripción del trabajo de campo | 46 |
| 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados..... | 47 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 4.3. Prueba de Hipótesis..... | 53 |
| 4.4. Discusión de resultados..... | 53 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Matriz de operacionalización de las variables..... | 36 |
| Tabla 2. Matriz de la investigación | 38 |
| Tabla 3 Estadísticas para una muestra | 43 |
| Tabla 4. Estadística descriptiva de la muestra | 43 |
| Tabla 5. Prueba de normalidad en el SPSS | 43 |
| Tabla 6. Acumulación de plomo del Stipa ichu por otros estudios | 47 |
| Tabla 7 Datos del muestreo del Stipa ichu en el laboratorio..... | 48 |
| Tabla 8. Datos descriptivos de la muestra..... | 52 |
| Tabla 9. Prueba de la hipótesis general de la investigación | 52 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. La Ecotecnología en plena aplicación | 22 |
| Figura 2. Análisis de metales pesados en el suelo..... | 25 |
| Figura 3. Suelos contaminados de Yanamate..... | 26 |
| Figura 4. Prueba de normalidad en el SPSS..... | 44 |
| Figura 5 Prueba t Student para una muestra en el SPSS | 44 |
| Figura 6. Suelo contaminado en la laguna de Yanamate | 49 |
| Figura 7. Suelo degradado por la presencia de sulfatos y metales pesados | 49 |
| Figura 8. Fitorremediación con Stipa ichu toma 1 | 50 |
| Figura 9. Fitorremediación con Stipa ichu toma 2 | 51 |

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

La contaminación por metales pesados es un problema vigente en las investigaciones realizados en el campo de la Ingeniería Ambiental, así como en el terreno de la salud pública. Varios estudios señalan que las zonas mineras deben ser consideradas como potencialmente peligrosos (Mejía et al., 1999) y deben ser vigiladas, ya que es probable que se manifieste la biodisponibilidad de los metales pesados generando riesgo de intoxicación para la población (Gomaa et al., 2002).

Estudio del impacto de los metales pesados de origen antropogénico en el entorno de suelos contaminados ha sido tema de diversas investigaciones, destacando especialmente al plomo (Pb) como uno de los contaminantes ecotoxicológicos más significativos (Komarnicki, 2000). La presencia de plomo biodisponible en el medio ambiente se reconoce como un problema de salud pública, especialmente relevante en poblaciones vulnerables como niños, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia, lo que resalta la necesidad de intervenciones para prevenir efectos tóxicos (Lawendon et al., 2001; Gomaa et al., 2002).

El suelo, considerado uno de los recursos más valiosos, es un componente natural derivado de la intemperización de rocas y la transformación de materia orgánica. La variedad de funciones que cumple el suelo en los ecosistemas, determinadas por sus características particulares, le confiere la capacidad de proporcionar bienes y servicios (MHSA, 2001) y, por ende, merece ser protegido.

En el marco económico de nuestro país, la minería desempeña un papel fundamental en el crecimiento económico y la dinámica social, si bien también ha contribuido a la desigualdad y ha generado impactos ambientales notorios. En la región de Cerro de Pasco, la actividad minera desde tiempos coloniales ha dado origen a una serie de problemas en los recursos hídricos, el suelo y el aire, generando impactos negativos en el entorno y creando suelos con limitaciones físicas, químicas y biológicas que dificultan el establecimiento de vegetación y plantean riesgos para la salud (Puga, Sosa, Lebgue, Quintana, & Campos, 2006).

Las aguas industriales derivadas de las operaciones mineras y vertidas en la laguna Yanamate, por la empresa minera Cerro SAC provienen de diversas etapas del procesamiento de minerales. La falta de una gestión adecuada de estos residuos mineros ha resultado en una serie de problemas de contaminación ambiental, los cuales podrían persistir durante muchos años incluso después del cierre de las operaciones. Metales pesados como plomo, hierro, cobre y manganeso, entre otros, se concentran en el agua y el suelo. A medida que la intensa actividad edafogénica provoca el lavado de otros elementos esenciales como calcio, magnesio e incluso silicio, estos metales pasan de ser constituyentes no asimilables de los minerales primarios a formas más activas, solubles y biodisponibles. Este cambio tiene un impacto negativo en la actividad natural que se desarrolla en los suelos contaminados de la laguna de Yanamate.

Durante las últimas cuatro décadas, la empresa minera Centromin Perú, posteriormente adquirida por Cerro S.A.C., ha empleado tuberías para verter aguas ácidas directamente en el cuerpo receptor de la laguna Yanamate, generando un impacto ambiental perjudicial en la zona.

Este vertido de agua industrial, sin someterse a ningún proceso de tratamiento, ha afectado directamente el entorno de la laguna Yanamate. La descarga directa de agua ácida ha provocado significativos cambios en la naturaleza circundante, ya que transporta consigo sustancias químicas peligrosas, tanto disueltas como en suspensión, adquiridas a lo largo de su ciclo en el agua. Este proceso ha generado una alteración considerable sobre el medio ambiente.

Para abordar y controlar la contaminación ambiental resultante de esta actividad minera, se hace necesario implementar procesos efectivos de control y remediación ambiental. Estos procesos son esenciales para mitigar los impactos adversos en la laguna Yanamate y su entorno, preservando así la salud del ecosistema laguna. Tomando en cuenta el contexto que vamos a investigar podemos decir: que los suelos de la laguna de Yanamate, una de las áreas importantes para realizar la actividad ganadera se ve alterada por los constantes vertimientos de aguas ácidas proveniente de la actividad minera perjudicando el normal desarrollo de la fauna alto andina como: aves, mamíferos y otros (Civera & Guillaume, 1989).

Una parte del ganado vacuno, ovino y alpacas pastan en las zonas cercanas a los pasivos ambientales en la zona húmeda cerca de las orillas de la laguna. A pesar de su importancia ambiental, económica y social, la laguna se ha afectado el equilibrio ecológico del mismo, y la contaminación es uno de sus problemas más graves, puesto que los ríos que nacen en las cabeceras de cuenca provienen de las zonas altoandinas donde se ubican las empresas mineras, cuyo contenido de los metales pesados en el agua contienen

concentraciones significativas para afectar y provocar problemas de contaminación ambiental en el tiempo, muy especialmente en el contenido de plomo.

Al evaluar la contaminación en el suelo por presencia de plomo se logra determinar su relación con la absorción de plomo realizado por el *Stypha ichu*, para proponer proyectos empleando la fitorremediación.

Diseño e implementación

En este contexto, se propone la ejecución de un proyecto con el objetivo de mejorar los suelos afectados por la contaminación de metales pesados. Se pretende emplear la fitorremediación, centrándonos en la implementación de un programa de reforestación que incluya la introducción de *Stypha ichu* en los suelos alterados de Yanamate. El propósito principal de esta iniciativa es remediar los suelos afectados. Para alcanzar este objetivo, es esencial comprender detalladamente las características de las zonas específicas que serán intervenidas, además de tener en cuenta las consideraciones de seguridad para preservar el equilibrio del ecosistema existente

La restauración de suelos contaminados adquiere una relevancia especial debido a la diversidad de fuentes contaminantes presentes, como hierro, arsénico, cobre, zinc, plomo, entre otros. Estos elementos no solo afectan al ecosistema, sino también a los procesos productivos y a la salud de la población que entra en contacto con ellos. Además, teniendo en cuenta la naturaleza no renovable de este recurso, la restauración se convierte en una acción crucial. Este enfoque no solo aborda los impactos actuales, sino que también busca resultados positivos que se reflejarán en el futuro.

1.2. Delimitación de la investigación

El estudio se limita al área de la Laguna Yanamate, que ha venido siendo utilizada para el vertimiento de aguas ácidas provenientes de la unidad de producción Cerro de Pasco de la empresa minera Centromin Perú desde 1981.

Las aguas industriales provenían del refinado generado en la planta de extracción por solventes, así como del agua barren excedente generada en el interior mina. Un porcentaje menor del agua ácida viene siendo generada por otras fuentes superficiales.

Las aguas ácidas son bombeadas desde la estación de bombeo ubicada en la planta de extracción por solventes y electrodeposición hacia la Laguna Yanamate y conducida a través de dos tuberías de PVC, las cuales descargan en el lado oeste de la laguna. Debido a la elevación del nivel de agua ocasionado por el vertimiento de aguas ácidas en la Laguna Yanamate, ésta se ha unido con la Laguna Huaygacocha, formando un solo cuerpo de agua superficial.

El espejo de agua se encuentra a una elevación de 4358.4 msnm. La Laguna Yanamate almacenaba un volumen de aproximadamente 21.26 millones de m³ de agua (dos muestras de agua superficial tomadas en dos extremos opuestos de la laguna), el agua de la laguna muestra un pH fuertemente ácido y una alta conductividad y acidez, así como altas concentraciones de metales pesados y sulfatos.

Los suelos están totalmente degradados con un pH ácido y una gran presencia de metales pesados en donde se realiza las pruebas de fitorremediación para poder evaluar la capacidad de absorción de plomo que tiene la planta del Ichu (*Stipa ichu*). También mencionar para determinar la delimitación del presente estudio se enmarca en los siguientes criterios:

1.2.1. Delimitación temporal.

La presente investigación se llevó a cabo en el periodo comprendido desde febrero hasta mayo del 2022.

1.2.2. Delimitación económica.

Esta investigación se financió con recursos propios, no se tuvo financiamiento externo.

1.2.3. Delimitaciones espaciales.

La presente investigación se llevó a cabo en una región montañosa de roca caliza y se extiende hacia el Sureste desde Cerro de Pasco.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál será capacidad de absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate-Pasco 2022?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la composición de plomo en los suelos degradados en la zona de Yanamate?
- ¿Cuál será Capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate?

1.4. Formulación de Objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate-Pasco 2022.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición de plomo en los suelos degradados en la zona de Yanamate.
- Determinar la Capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate.

1.5. Justificación de la investigación

Las diversas actividades económicas que se desarrolla en nuestro país como: minería y las industrias, han afectado el medio ambiente, la alteración de los componentes agua, suelo y aire, que son los factores que han ocasionado problemas de salud al hombre, animales y plantas.

El suelo es el medio indispensable para los seres vivos, es de interés primordial conservarla libre de agentes contaminantes para poder disponer de ella sin riesgos para la salud. Sin embargo, en las últimas décadas los suelos se han contaminado, a gran escala debido a que el hombre ha intensificado a gran escala las actividades mineras, industriales y domésticos, que generan una variada cantidad de residuos tóxicos y peligrosos que contienen diversas sustancias químicas. Entre los principales contaminantes presentes en el suelo de la laguna Yanamate.

Somos conscientes del grado de contaminación que presenta actualmente la laguna Yanamate, en cuanto a la concentración de plomo en las aguas y en el suelo, y por qué el plomo es un elemento tóxico para el ser humano. Es un contaminante potencialmente se estima que la exposición al plomo provoca 143,000 muertes cada año y es responsable 0,6 % de la carga de morbilidad mundial. El plomo es una sustancia tóxica, e incluso los bajos niveles de exposición al plomo provoca cada año alrededor de 600 000 nuevos casos de niños con deficiencias intelectuales.

Por tal motivo, con la finalidad de eliminar los contaminantes en los suelos del área de influencia directa de Yanamate, se han empleado varios métodos de descontaminación que permitan removerlos selectivamente. La absorción como tecnología para el tratamiento de suelo contaminadas, ha permitido eliminar ciertos elementos químicos tóxicos, con una alta eficiencia, simplicidad de proceso y bajo costo. Además se han utilizado diversos materiales absorbentes económicos y cada uno es de gran importancia para la

remediación de suelos, considerando que es necesario estudiar nuevos materiales absorbentes como alternativas, en este caso para el presente estudio se va a tomado al pasto alto andino Ichu (*Stipa ichu*) por tener características de fácil adaptabilidad y crecimiento y por los procesos físico-químicos óptimas para ser utilizados como absorbente en la remoción del plomo en el suelo de la laguna Yanamate.

La fitoextracción se refiere a la asimilación de contaminantes metálicos por la raíz de la planta y su traslocación a las partes aéreas. En esta tecnología se manejan masas menores (donde se concentran los contaminantes) para ser dispuestas comparativamente con la excavación de suelo u otro medio de tratamiento (EPA, 2000). Algunas consideraciones de diseño incluyen un factor de acumulación que puede ser expresado como coeficiente de Absorción, que representa la razón de concentración del metal en la parte cosechable con respecto a la del suelo; las plantas con un índice más alto que 1 son aptas para la fitoextracción.

La justificación de realizar esta forma de estudio de la fitorremediación en suelos contaminados es debido a varios factores que hacen viable el planteamiento a la solución del problema, tales como:

Solución sostenible y respetuosa con el medio ambiente: La fitorremediación es una técnica que utiliza plantas para eliminar, degradar o inmovilizar contaminantes en el suelo de manera natural. A diferencia de otros métodos de remediación que implican la remoción y disposición de los suelos contaminados, la fitorremediación ofrece una solución más sostenible y respetuosa con el medio ambiente, ya que aprovecha los procesos naturales de las plantas para restaurar la calidad del suelo.

Amplia aplicabilidad: La fitorremediación puede ser aplicada en una amplia variedad de suelos contaminados, incluyendo aquellos afectados por metales pesados, hidrocarburos, pesticidas y otros compuestos orgánicos

tóxicos. Esto la convierte en una técnica versátil y adaptable a diferentes situaciones de contaminación, tanto en áreas industriales como en zonas rurales.

Costos reducidos: La fitorremediación puede ser una opción más económica en comparación con otros métodos de remediación convencionales. La utilización de plantas y procesos naturales implica menores costos de infraestructura y operativos en comparación con técnicas que requieren la extracción y el tratamiento de los suelos contaminados fuera del sitio.

Restauración de la biodiversidad: La fitorremediación no solo ayuda a recuperar la calidad del suelo, sino que también contribuye a la restauración de la biodiversidad en las áreas contaminadas. Las plantas utilizadas en la fitorremediación pueden crear hábitats favorables para la colonización de otras especies de plantas, animales e insectos, promoviendo así la recuperación de los ecosistemas afectados.

Potencial de aplicación a gran escala: La fitorremediación tiene el potencial de ser aplicada a gran escala, permitiendo la remediación de extensas áreas contaminadas. Esto es especialmente relevante en casos de contaminación difusa o en sitios donde otras técnicas de remediación pueden ser limitadas o inviables.

1.6. Limitaciones de la investigación

Los resultados de los análisis del suelo de la laguna Yanamate tienen costos altos que nos limita y no permiten hacer pruebas suficientes para conocer las condiciones a mayor detalle y con una información actualizada de la concentración de plomo en el suelo de la laguna Yanamate, de la misma forma también los costos para determinar la capacidad de absorción que tiene el pasto alto andino Ichu (*Stipa ichu*) en la remoción de Plomo en los suelos contaminados, que son las informaciones para plantear una posible solución a la descontaminación a fin de lograr un ambiente con limitados efectos de

contaminación y protegido, garantizando la no depredación de nuestro medio ambiente.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

Coyago & Bonilla (2016) “absorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano” en el trabajo evaluó la capacidad de absorción de plomo de tres especies vegetativas: Amaranto Hybridus (amaranto), Beta Vulgaris (acelga) y Medicago sativa (alfalfa); las tres especies fueron germinadas en semilleros, usando tierra negra y tierra mezcla, y replantadas en suelos contaminados artificialmente con concentraciones de 2,5, 5 y 10% de plomo. Con la finalidad de determinar la cantidad absorbida en diferentes tiempos, la evolución de la absorción de plomo en las diferentes especies vegetativas fue medida utilizando la técnica de digestión ácida y cuantificada en un espectrofotómetro de absorción atómica a 0, 20, 30, 45, 60 y 90 días de exposición. La absorción de plomo se vio influenciada directamente por la biomasa generada. El amaranto presentó etapas de desintoxicación, mientras que la alfalfa y acelga presentaron una absorción continua, este factor involucra un problema potencial en seguridad alimentaria ya se evidencia una retención del contaminante en la estructura vegetativa, provocando la contaminación de animales y humanos por consumo directo en zumos o precocidos de estas plantas.// This study evaluated the ability

of absorbing lead in three vegetative species: *Amaranthus hybridus* (amaranth), *Beta vulgaris* (beet) and *Medicago sativa* (alfalfa); the three species were germinated in seeds with black soil and a soil mix, and were replanted in artificially contaminated soil at concentrations of 2.5, 5 and 10%. In order to determine the amount of lead absorbed at different times, the evolution of lead absorption in different vegetative species were measured using the acid digestion technique and quantified by an atomic absorption spectrophotometry at 0, 20, 30, 45, 60 and 90 days of exposure. The lead absorption was directly influenced by the generated biomass. Amaranth stages presented detoxification, while the beet and alfalfa showed a continuous absorption, this involves a potential problem in food safety as it retains the contaminant in the vegetative structure, causing contamination of animals and humans by direct consumption in juices or the precooked vegetal.

Santillán Quiroga, Orejuela Romero, Brito Mancero, & Segundo Calderón (2018) "Comparación en la eficiencia de dos especies vegetales nativas de la amazonia ecuatoriana buchón de agua (*Limnocharis flava*) y muñequita de agua (*Hydrocotyle bonariensis*) en la absorcion de plomo". El objetivo la presente investigación fue determinar la capacidad de absorción de dos especies vegetales Buchón de agua (*Limnocharis Flava*) y Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*) en aguas contaminadas con plomo, se contaminó 10L de agua destilada con 0,16; 0,32 y 0,48g de Pb (NO₃)₂ para llegar a 10, 20, y 30 ppm de concentración y evaluar la capacidad de absorción. Se colocó el agua directamente en los recipientes y se realizó un análisis inicial y final transcurrido 60 días en el agua, suelo y planta; se determinó Pb. Los datos se tabularon con el método de Chi-cuadrado. Los resultados de las concentraciones iniciales de Pb en las muestras de agua contaminada fueron de R-10-BA; MA (9,92); R-20-BA; MA (19,97) y R-30-BA; MA (29,90 ppm). Las concentraciones finales de Pb en el humedal con la especie vegetal Buchón de

agua fueron de 1,3 ppm, 2,96 ppm, 6,78 ppm respectivamente y en el humedal tratado con muñequita de agua la concentración final fue de 0,4 ppm, 1,19 ppm y 3,38 ppm. Las concentraciones finales de plomo con el tratamiento de la especie vegetal buchón de agua (*Limnocharis Flava*) R-10-BA mostró una absorción de 86%, seguido del tratamiento de R-20-BA con una absorción de 85% y de R-30-BA cuyo resultado presentó una absorción de 77%; para Muñequita de agua (*Hydrocotyle Bonariensis*) R-10-MA logró una absorción de 96%, seguido del tratamiento R-20-MA con una absorción de 94% y R-30-MA con una absorción de 89%, presentando esta última una mayor absorción, concluyendo es la especie apropiada para el tratamiento de aguas contaminadas con Pb.

Rodríguez Ortiz, Rodríguez Fuentes, Lira Reyes, Martínez de la Cerda, & Lara Mireles (2006) "Capacidad de seis especies vegetales para acumular plomo en suelos contaminados". El uso de especies vegetales como agentes descontaminantes de suelos contaminados por metales pesados representa una alternativa tecnológica económica y limpia que merece ser estudiada. En el presente trabajo se evaluaron las especies: *Cenchrus ciliaris*, *Helianthus annuus*, *Ricinus communis*, *Nicotiana tabacum*, *Sorghum sudanense* y *Brassica campestris*, que fueron cultivadas en macetas con un suelo de textura franco arenosa que se contaminó artificialmente con 0, 500 y 1000 mg de Pb kg⁻¹ de suelo con el objetivo de evaluar su capacidad de acumular plomo. Las especies difirieron en su capacidad de acumular plomo. En el tratamiento 500 mg de Pb kg⁻¹ de suelo el orden de estas capacidades ($P \leq 0.05$) fueron: *N. tabacum* (3.27 y 3.08 mg de Pb kg⁻¹ en la materia seca total y en la parte aérea respectivamente) > *R. communis* > *C. ciliaris* > *S. sudanense* > *B. campestris* > *H. annuus*. Mientras que en el tratamiento 1000 mg de Pb kg⁻¹ de suelo el orden ($P \leq 0.05$) fue: *R. communis* (6.79 y 3.94 mg de Pb kg⁻¹ en la materia seca total y parte aérea respectivamente) > *S. sudanense* > *C. ciliaris* > *H. annuus* > *N.*

tabacum = *B. campestris*. Con base en la literatura especializada, no se identificó a ninguna de las seis especies evaluadas como “hiperacumuladora de plomo”.

Morales Meza (2020) “Capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*) en suelos contaminados a diferentes concentraciones de plomo nivel laboratorio”. El objetivo de este artículo es presentar una revisión sobre la capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*) para recuperar suelos contaminados por plomo a diferentes concentraciones. Las contaminaciones del suelo por acumulación de metales pesados son generadas principalmente por las actividades industriales y mineras. El compuesto inorgánico puede permanecer durante mucho tiempo en el ambiente mostrando sus efectos tóxicos e incluso a bajas concentraciones presentando una serie de amenazas a la salud y el ambiente. La fitorremediación, usa plantas para aprovechar su capacidad de absorber, acumular, contaminantes presentes en el suelo. En este trabajo se analiza casos de estudio y resultados obtenidos en algunos países del mundo incluido Perú con respecto a la capacidad que tiene el girasol para absorber el metal plomo. La evaluación de los trabajos analizados da significancia que el *Helianthus annuus* es muy útil para aplicar a suelos contaminados por plomo, asimismo se tiene mayor capacidad de adsorción de los metales según variables que se pueda encontrar en los estudios.

En el trabajo de (Coyago & Bonilla, 2016) se evaluó la capacidad de absorción de plomo de tres especies vegetativas: Amarantho Hybridus (amaranto), Beta Vulgaris (acelga) y Medicago sativa (alfalfa); las tres especies fueron germinadas en semilleros, usando tierra negra y tierra mezcla, y replantadas en suelos contaminados artificialmente con concentraciones de 2,5, 5 y 10 % de plomo. Con la finalidad de determinar la cantidad absorbida en diferentes tiempos, la evolución de la absorción de plomo en las diferentes especies vegetativas fue medida utilizando la técnica de digestión ácida y

cuantificada en un espectrofotómetro de absorción atómica a 0, 20, 30, 45, 60 y 90 días de exposición. La absorción de plomo se vio influenciada directamente por la biomasa generada. El amaranto presentó etapas de desintoxicación, mientras que la alfalfa y acelga presentaron una absorción continua, este factor involucra un problema potencial en seguridad alimentaria ya se evidencia una retención del contaminante en la estructura vegetativa, provocando la contaminación de animales y humanos por consumo directo en zumos o precocidos de estas plantas.

(García Carrillo, Serna Cueto, & Valencia Castro, 2018) al concluir la investigación, tuvo como objetivo, evaluar la capacidad de *Ambrosia ambrosioides* para absorber y acumular níquel (Ni) en sus tejidos; e identificar cual parte de la planta acumulaba el metal en mayor cantidad. Para esto, se hizo crecer a las plantas en un suelo artificial (perlita mineral con arena) y se expusieron a 3 diferentes concentraciones de níquel durante 20 días. Los resultados demuestran que dicha planta es capaz de absorber en su raíz un promedio de 1,050 mg de níquel por cada kilogramo de planta (peso seco), cuando es expuesta a concentraciones de níquel (2, 4 y 6 g L⁻¹). En todos los tratamientos las plantas crecieron sanas y sin mostrar síntomas de toxicidad. Estos resultados indican que *Ambrosia ambrosioides* es una planta hiperacumuladora de níquel y puede ser utilizada como fitoestabilizadora de dicho metal.

(Febres Flores, 2019) manifiesta que la contaminación por plomo es un problema ambiental que debe ser gestionado ambientalmente mediante tecnologías de remediación adecuadas a fin de reducir su impacto negativo en los componentes ambientales, especialmente en el recurso suelo.

Los objetivos de la investigación fueron determinar el tratamiento más efectivo en la remediación de suelos contaminados con plomo (Pb); determinar la concentración de plomo (Pb) en el suelo y sus principales propiedades

edáficas en el mejor tratamiento y precisar el comportamiento de la planta de girasol en el proceso de remediación.

Para la ejecución del estudio se recopiló el material necesario y se instaló en ambientes del invernadero de propagación de plantas cultivadas de la Facultad de Agronomía de la UNSA, en Arequipa, Perú. Las condiciones de cuidado y tratamiento fueron controladas, a fin de contar con resultados comparativos de acuerdo con los análisis ejecutados a lo largo de la investigación.

(Cerrón Mellado, 2022) la minería y la metalurgia han logrado incrementar la generación y acumulación de metales pesados, el aumento de plomo en el suelo se ha ido incrementando con el tiempo y este ocasiona problemas al ecosistema, debido a que al entrar al contacto con el suelo y agua alteran la composición natural y afectan la flora, fauna y población cercana. En la actualidad existen diversas opciones biológicas de tratamiento para la remediación de suelos como la fitoextracción, este consiste en la acumulación y absorción de metales pesados en la parte superior de la planta. El girasol puede absorber Cd, Pb, Cs en sus hojas, raíces y tallos, asimismo, la adición de compost mejora la capacidad de absorción de la planta al brindarle soporte de nutrientes para su crecimiento. La planta de metalurgia de la UNCP viene contaminando el suelo con distintos metales pesados proveniente de sus actividades, lo que afecta a la composición inicial del suelo, aumento de la acidez y variaciones en la textura y humedad en este lugar. El siguiente trabajo tuvo como objetivo principal determinar la contaminación de plomo de la planta de metalurgia de la UNCP y realizar la técnica de fitoextracción usando el girasol como medio fitoextractor, más la adición de vermicompost en distintos niveles. Se usó la guía de muestreo del Minam para el recojo de muestras, se hicieron 3 tratamientos y un testigo de 4 repeticiones, 4 muestras testigo, 4 muestras con 25% de vermicompost, 4 muestras con 50% de vermicompost y 4 muestras con

75% de vermicompost, se colocaron 2 semillas por prueba, la concentración de plomo inicial y final en el suelo se determinó en un espectrofotómetro de absorción atómica, como resultado se obtuvo una mayor absorción en el T2 con 216.39 mg/kg, y también un mayor desarrollo en las hojas, tallos y raíz. El girasol logró una mayor absorción de plomo en la raíz y una menor absorción en las hojas. En cuanto al desarrollo morfológico el T1 con alto contenido de plomo tuvo deficiencias en el desarrollo foliar. Se concluyó que la adición de vermicompost favorece a la extracción de plomo en el suelo y que a mayor contenido de plomo se logra una mayor absorción.

2.2. Bases teóricas- científicas

2.2.1. Contaminación.

La contaminación se denomina a la presencia en el ambiente de cualquier agente químico, físico o biológico nocivos para la salud o el bienestar de la población, de la vida animal o vegetal. Esta degradación del medio ambiente por un contaminante externo puede provocar daños en la vida cotidiana del ser humano y alterar las condiciones de supervivencia de la flora y la fauna. Alrededor de 2 millones de personas podrían morir cada año por alguna causa atribuible a la contaminación atmosférica, asegura la Organización Mundial de la Salud. Según el OMS la mayor cantidad de muertes se producen en los países en desarrollo donde se concentran altas densidades de partículas nocivas para la salud. La población humana crece según una progresión geométrica y la demanda de alimentos y necesidades básicas para la vida del hombre son cada vez mayores. El aumento en el consumo de diversos productos y desechos, provocados por el ser humano, trae como consecuencia la generación de sustancias tóxicas (Pérez, 2011).

Los grupos más vulnerables frente a la contaminación son: niños, mujeres embarazadas, personas con afecciones respiratorias y ancianos con enfermedades crónicas. Otro sector de la población con un alto riesgo de

padecer los efectos causados por la contaminación atmosférica son los que trabajan al exterior o en lugares donde se está más expuesto a emisiones de contaminantes, como calles llenas de tráfico vehicular o determinadas industrias. Algunos estudios vinculan la pobreza con una mayor probabilidad de padecer los efectos de la contaminación atmosférica. Los pobres viven hacinados en casas sin las necesidades básicas, en condiciones perjudiciales para la salud de sus hijos o cultivando en tierras degradadas (FAO, 2000).

La contaminación es la introducción de sustancias anómalas que modifican o alteran al ecosistema, físico o un ser vivo. El contaminante puede ser una sustancia química, energía como sonido, calor, luz o radiactividad (Salcedo, 1990).

2.2.2. Contaminación de Suelos

El término “contaminación del suelo” se refiere a la presencia en el suelo de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no están destinados. La contaminación del suelo con frecuencia no puede ser directamente evaluada o percibida visualmente, convirtiéndola en un peligro oculto.

Las principales fuentes antropogénicas de la contaminación del suelo son los químicos utilizados en, en producidos como subproductos de actividades industriales, residuos domésticos, ganaderos y municipales (incluyendo aguas residuales), agroquímicos y productos derivados del petróleo.

Estos químicos son liberados al ambiente accidentalmente, por ejemplo, por derrames petroleros o filtración de vertederos o, intencionalmente, como sucede con el uso de fertilizantes y plaguicidas, irrigación con aguas residuales no tratadas o aplicación al suelo de lodos residuales.

La contaminación del suelo también proviene de la deposición atmosférica de la fundición, transporte, pulverización de aplicaciones de

plaguicidas y de la combustión incompleta de muchas sustancias, así como de la deposición de radionúclidos de pruebas de armas atmosféricas y accidentes nucleares. Han surgido nuevas preocupaciones sobre contaminantes emergentes como son productos farmacéuticos, interruptores endocrinos, hormonas y toxinas, entre otros, así como contaminantes biológicos como micro contaminantes en suelos que incluyen bacterias y virus (Rodríguez Eugenio, McLaughlin, & Pennock, 2019).

El suelo es un recurso muy importante para el desarrollo de la vida de plantas y animales y se considera como un recurso finito, lo que significa que su pérdida y degradación no es recuperable en el transcurso de una vida humana. Los suelos afectan directamente a las plantas y muchas de ellas sirven de alimentos a los animales que comemos, al agua que bebemos, al aire que respiramos, a nuestra salud y la de todos los organismos del planeta. Sin suelos en buen estado no podríamos garantizar producir nuestros alimentos. También se puede mencionar que el 95% de nuestros alimentos se producen directa o indirectamente en los suelos.

Los suelos con buena calidad ambiental son la clave para garantizar la seguridad alimentaria en nuestro país y para un futuro sostenible. Ayudan a mantener la producción de alimentos, a mitigar y adaptarse al cambio climático, filtrar el agua, mejorar la resiliencia ante inundaciones y sequías y mucho más. Sin embargo, una amenaza invisible está poniendo en peligro los suelos y todo lo que nos ofrecen.

La contaminación del suelo provoca una reacción en cadena. Altera la biodiversidad del suelo, reduciendo la materia orgánica que contiene y su capacidad para actuar como filtro. También se contamina el agua almacenada en el suelo y el agua subterránea, provocando un desequilibrio de sus nutrientes. Entre los contaminantes del suelo más comunes se encuentran los

metales pesados, los contaminantes orgánicos persistentes y los contaminantes emergentes, como los productos mineros y los destinados al cuidado personal.

La contaminación del suelo es devastadora para el medio ambiente y tiene consecuencias para todas las formas de vida a las que afecta. Las prácticas agrícolas insostenibles reducen la materia orgánica del suelo y pueden facilitar la transferencia de contaminantes a la cadena alimentaria. Por ejemplo, el suelo contaminado con metales pesados puede liberar contaminantes en las aguas subterráneas que luego se acumulan en los tejidos de las plantas y pasan a los animales que pastan, a las aves y finalmente a los humanos que se alimentan de las plantas y los animales. Los contaminantes en el suelo, aguas subterráneas y en la cadena alimentaria pueden causar diversas enfermedades y una excesiva mortalidad en la población, desde efectos agudos a corto plazo como intoxicaciones o diarrea, hasta otros crónicos a largo plazo, como el cáncer y finalmente la muerte.

Más allá del impacto en el medio ambiente, la contaminación del suelo por la presencia de metales pesados tiene también un elevado coste económico, debido a la reducción de los rendimientos y la calidad de los cultivos. La prevención esta contaminación debería ser una prioridad en todo el mundo. El hecho de que la gran mayoría de los contaminantes sean resultado de la acción humana significa que somos directamente responsables de realizar los cambios necesarios para garantizar un futuro con menos contaminación y más seguro. Los suelos deben ser reconocidos y valorados por su capacidad productiva, así como por su contribución a la seguridad alimentaria y al mantenimiento de servicios ecosistémicos clave. He aquí algunas razones por las que la contaminación del suelo no puede subestimarse:

La contaminación del suelo afecta a todos los ámbitos. Los alimentos que comemos, el agua que bebemos, el aire que respiramos, nuestra salud y la de todos los organismos del planeta dependen de un suelo sano. El contenido

de nutrientes de los tejidos de una planta está directamente relacionado con el contenido de nutrientes que están presentes en el suelo y su capacidad para intercambiar nutrientes y agua con las raíces como es el caso de planta silvestre el *Stypa ichu*.

La contaminación del suelo es invisible. Hoy en día, un tercio de nuestros suelos están moderadamente o muy degradados debido a la erosión, la pérdida de carbono orgánico, la salinización, compactación, acidificación y la contaminación química. Se necesitan aproximadamente 1 000 años para formar 1 cm de capa arable superficial, lo que significa que no podremos producir más suelo en el transcurso de nuestras vidas. El suelo que vemos es todo el que hay disponible. Sin embargo, los suelos se enfrentan aún a más presión debido a la contaminación de diferentes actividades que realiza el hombre como es el caso de la minería. La tasa actual de degradación del suelo amenaza la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades más básicas.

La contaminación del suelo afecta a su capacidad de filtrado. Los suelos actúan de filtro y amortiguador para los contaminantes. Pero el potencial del suelo para hacer frente a esta presión es finito. Si se supera la capacidad del suelo para protegernos, los contaminantes se filtrarán (y se filtran) a otros elementos del entorno, como nuestra cadena alimentaria.

Figura 1.

La Ecotecnología en plena aplicación



2.2.3. Ecotecnología para el tratamiento de suelos

Está basada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes, que en la actualidad está siendo aplicada en diversos países para recuperar suelos contaminados tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos.

A. La fitorremediación

La fitorremediación es el empleo de plantas y sus microorganismos asociados para la mejora funcional y recuperación de suelos contaminados. Este método se basa en los procesos naturales mediante los cuales las plantas y el microbiota asociada a sus raíces degradan y/o secuestran los contaminantes.

B. Fitoextracción

La planta absorbe los contaminantes (principalmente metales) a través de las raíces y los acumula en grandes cantidades en la biomasa aérea retirándose los contaminantes del suelo a través de su cosecha. Cuando el metal fitoextraído puede ser recuperado de la biomasa (biomasa), obteniendo un beneficio económico, el proceso se denomina fitominería.

C. Fitoestabilización

Mediante distintos mecanismos, la planta es capaz de secuestrar o inmovilizar los contaminantes en la raíz y/o en su zona de influencia. Este proceso limita la migración y biodisponibilidad de los contaminantes y, por tanto, reduce significativamente los posibles efectos adversos al medio ambiente y su transferencia a la cadena trófica.

D. Rizodegradación

Las raíces de las plantas liberan ciertos compuestos (exudados) al suelo de su entorno (rizosfera), estimulando la supervivencia, el crecimiento y la actividad de los microorganismos de la rizosfera que degradan los contaminantes orgánicos. La eficiencia de esta tecnología puede ser incrementada incorporando microorganismos con capacidad de degradar contaminantes orgánicos o de aumentar su biodisponibilidad (bioaumento) y/o mediante la adición de compuestos para estimular los procesos de la simbiosis planta-microorganismo (bioestimulación).

E. Fitovolatilización

Algunas plantas captan contaminantes (como el selenio o algunos xenobióticos orgánicos) y los liberan en una forma menos tóxica a la atmósfera a través de la transpiración. Dentro de la planta el contaminante es transformado o degradado antes de ser liberado.

2.2.4. Presencia de metales en los suelos

Los metales pesados están presentes en el suelo como componentes naturales del mismo o como consecuencia de las actividades antropogénicas. En los suelos se pueden encontrar diferentes metales, formando parte de los minerales propios; como son silicio (Si), aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg).

También puede encontrarse manganeso (Mn), que generalmente se presenta en el suelo como óxido y/o hidróxido, formando concreciones junto con

otros elementos metálicos. Algunos de estos metales son esenciales en la nutrición de las plantas, así son requeridos algunos de ellos como el Mn, imprescindible en el fotosistema y activación de algunas enzimas (Mahler, 2003) para el metabolismo vegetal.

Se consideran entre los metales pesados elementos como el plomo, el cadmio, el cromo, el mercurio, el zinc, el cobre, la plata, entre otros, los que constituyen un grupo de gran importancia, ya que algunos de ellos son esenciales para las células, pero en altas concentraciones pueden resultar tóxicos para los seres vivos, organismos del suelo, plantas y animales (Spain et al., 2003), incluido el hombre. En la corteza terrestre existe una similitud entre la distribución de níquel (Ni), cobalto (Co) y hierro (Fe). En los horizontes superficiales del suelo (capa arable), el Ni aparece ligado a formas orgánicas (Corinne et al., 2006), parte de las cuales pueden encontrarse formando quelatos fácilmente solubles. El níquel (Ni) es también un elemento esencial para el metabolismo de las plantas, aun cuando éstas requieren menos de 0.001 mg kg⁻¹ de peso seco (Mahler, 2003).

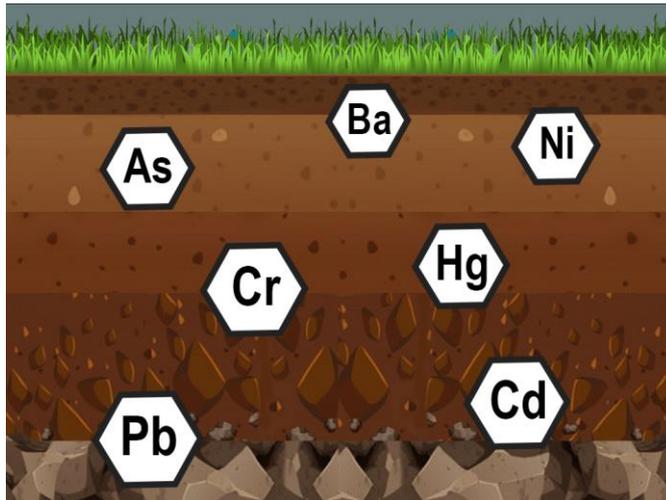
También de forma natural puede encontrarse el zinc (Zn) en los suelos, y es un nutriente requerido por las plantas para su desarrollo (Mahler, 2003).

Las actividades geológicas naturales, como desgastes de cerros y volcanes, constituyen una fuente de aportaciones importante de metales pesados al suelo. También las actividades antropogénicas como la industria minera, que está catalogada como una de las actividades industriales más generadora de metales pesados. En el suelo, los metales pesados, pueden estar presentes como iones libres o disponibles, compuestos de sales metálicas solubles o bien, compuestos insolubles o parcialmente solubilizables como óxidos, carbonatos e hidróxidos, (Pineda, 2004).

La movilidad relativa de los elementos traza en suelos es de suma importancia en cuanto a su disponibilidad y su potencial para lixiviarse de los perfiles del suelo hacia las aguas subterráneas y difiere de si su origen es natural o antrópico y, dentro de este último, al tipo de fuente antrópica (Burt et al., 2003).

Figura 2.

Análisis de metales pesados en el suelo



Dentro de los metales pesados, los denominados oligoelementos, y que pueden servir como micronutrientes para los cultivos, ya que son requeridos en pequeñas cantidades y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Como el B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Fe, Se y Zn y el metaloide As. También hay metales pesados sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva aparejadas disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos, elementos tales como el Cd, Hg, Pb, Sb, Bi, Sn, Tl (García y Dorronsoro, 2005).

Figura 3.

Suelos contaminados de Yanamate



Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanza niveles que rebasan los límites máximos permitidos causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente, así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo, el término que se usa o se emplea es “polución de suelos” (Martín, 2000).

En el suelo, los metales pesados como iones libres, pueden tener acción directa sobre los seres vivos lo que ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos $-SH$ (sulfhidrilos) de las proteínas, causando daños irreversibles en los diferentes organismos. La contaminación en suelos por metales pesados ocurre cuando estos son irrigados con aguas procedentes de desechos de minas, aguas residuales contaminadas de parques industriales y municipales y filtraciones de presas de jales (Wang et al., 1992).

Una vez en el suelo, los metales pesados pueden quedar retenidos en el mismo, pero también pueden ser movilizados en la solución del suelo mediante diferentes mecanismos biológicos y químicos (Pagnanelli et al., 2004). Los metales pesados adicionados a los suelos se redistribuyen y reparten lentamente entre los componentes de la fase sólida del suelo. Dicha redistribución se caracteriza por una rápida retención inicial y posteriores reacciones lentas, dependiendo de las especies del metal, propiedades del suelo, nivel de introducción y tiempo (Han et al., 2003).

Los factores que influyen en la movilización de metales pesados en el suelo son características del suelo: pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de intercambio (catiónico y/o aniónico), presencia de carbonatos, materia orgánica, textura, entre otras. La naturaleza de la contaminación y el origen de los metales y formas de deposición y condiciones medio ambientales producen acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura y humedad en los suelos (Sauquillo et al., 2003).

En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: la primera, quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo u ocupando sitios de intercambio; segunda, específicamente adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo; tercera, asociados con la materia orgánica del suelo y cuarta, precipitados como sólidos puros o mixtos. Por otra parte, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pueden pasar a la atmósfera por volatilización y pueden ser movilizados a las aguas superficiales o subterráneas (García y Dorronsoro, 2005).

Para elucidar el comportamiento de los metales pesados en los suelos y prevenir riesgos tóxicos potenciales se requiere la evaluación de la disponibilidad y movilidad de los mismos (Banat et al., 2005). La toxicidad de los

metales depende no sólo de su concentración, sino también de su movilidad y reactividad con otros componentes del ecosistema (Abollino et al., 2002).

Los metales pesados contribuyen fuertemente a la contaminación ambiental, la cantidad de metales disponibles en el suelo está en función del pH, el contenido de arcillas, contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades que las hacen únicas en términos de manejo de la contaminación (Sauve et al., 2000).

El plomo (Pb), por ejemplo, es un contaminante ambiental altamente tóxico, su presencia en el ambiente se debe principalmente a las actividades antropogénicas como la industria, la minería y la fundición. En los suelos contaminados con Pb se suele encontrar también Cd y Zn (Hettiarchchi y Pierzynski, 2002) por analogía entre sus propiedades y características metálicas algo similar a lo que ocurre para la triada de Fe-Ni-Co. En estos casos la barrera suelo-planta limita la traslocación de Pb a la cadena alimenticia, ya sea por procesos de inmovilización química en el suelo según se ha reportado (Laperche et al., 1997) o limitando el crecimiento de la planta antes de que el Pb absorbido alcance valores que puedan ser dañinos al ser humano. El Pb presente en suelos contaminados puede llegar a inhibirse mediante la aplicación de fósforo y óxidos de magnesio; sin embargo, estos tratamientos pueden llegar a afectar la biodisponibilidad de otros metales esenciales como el Zn (Hettiarchchi y Pierzynski, 2002).

2.2.5. Pasto altoandino *Stipa Ichu*

Tiene tallos que alcanza un tamaño de 60-180 cm de altura. Las hojas son rígidas, erectas; vainas glabras en el dorso, ciliadas en un margen y el cuello; la lígula de 0.5 mm; láminas 25-70 cm x 1-2(-5) mm, generalmente involutas, a veces aplanadas, escabriúsculas. Panícula 15-41 x 2-3 cm, argétea; ramas adpresas o ascendentes. Espiguillas adpresas; glumas 7.5-11 mm, 3-nervias, acuminadas; lema 2.5-3.5 mm, esparcidamente pilosa, parda en

la madurez, los márgenes traslapados, el ápice prominentemente piloso con tricomas 3-4.5 mm, la arista 10-20 mm, 2-geniculada, escabriúscula; callo c. 0.3 mm, agudo, con tricomas hasta 1 mm; pálea 1/3-1/2 la longitud del lema, inconspicuamente 2-nervia; anteras 1-1.3 mm, apiculadas. Tiene un número de cromosomas de $2n=40$. Los ecosistemas conformados por los totorales se caracterizan por albergar una importante diversidad de vida silvestre, donde se aprecian aves residentes y migratorias, peces de agua dulce, numerosos anfibios como sapos y ranas, y gran cantidad de plantas acuáticas como el jacinto de agua, repollo de agua y el lirio flotante, entre otros (Jardín Botánico de Misuri., 16 de febrero de 2013).

Descripción técnica

Basada en Rzedowski y Rzedowski, 2001.

Hábito y forma de vida: Planta herbácea, amacollada, erguida y Las diversas actividades económicas que se desarrollan en nuestro país como: minería y las industrias, han afectado el medio ambiente, la alteración de los componentes agua, suelo y aire, que son los factores que han ocasionado problemas de salud al hombre, animales y plantas.

El suelo es el medio indispensable para los seres vivos, es de interés primordial conservarla libre de agentes contaminantes para poder disponer de ella sin riesgos para la salud. Sin embargo, en las últimas décadas los suelos se han contaminado, a gran escala debido a que el hombre ha intensificado a gran escala las actividades mineras, industriales y domésticos, que generan una variada cantidad de residuos tóxicos y peligrosos que contienen diversas sustancias químicas. Entre los principales contaminantes presentes en el suelo de la laguna Yanamate.

Somos conscientes del grado de contaminación que presenta actualmente la laguna Yanamate, en cuanto a la concentración de plomo en las aguas y en el suelo, y por qué el plomo es un elemento tóxico para el ser

humano. Es un contaminante potencialmente se estima que la exposición al plomo provoca 143,000 muertes cada año y es responsable 0,6 % de la carga de morbilidad mundial. El plomo es una sustancia tóxica, e incluso los bajos niveles de exposición al plomo provoca cada año alrededor de 600 000 nuevos casos de niños con deficiencias intelectuales.

Por tal motivo, con la finalidad de eliminar los contaminantes en los suelos del área de influencia directa de Yanamate, se han empleado varios métodos de descontaminación que permitan removerlos selectivamente. La absorción como tecnología para el tratamiento de suelo contaminadas, ha permitido eliminar ciertos elementos químicos tóxicos, con una alta eficiencia, simplicidad de proceso y bajo costo. Además se han utilizado diversos materiales absorbentes económicos y cada uno es de gran importancia para la remediación de suelos, considerando que es necesario estudiar nuevos materiales absorbentes como alternativas, en este caso para el presente estudio se va a tomado al pasto alto andino Ichu (*Stipa ichu*) por tener características de fácil adaptabilidad y crecimiento y por los procesos físico-químicos óptimas para ser utilizados como absorbente en la remoción del plomo en el suelo de la laguna Yanamate.

- densamente cespitosa.
- Tamaño: El tallo de 35 cm a 1.3 m de alto.
- Tallo: Con más de tres nudos con o sin pelos, entrenudos ásperos al tacto o con pelos.
- Hojas: Con vaina glabra, con pelos blancos de ± 1 mm de largo en el cuello, lígula membranácea de ± 2 mm de largo, lámina plegada o con los márgenes doblados hacia dentro, áspera al tacto o con pelos en el haz y a veces hispida en los márgenes, de 30 a 60 cm de largo y menos de 4 mm de ancho.

- Inflorescencia: Una panícula abierta y densa, blanca o plateada, de 15 a 40 cm de largo, su nudo basal con pelos blancos o café claro, de aprox. 1 mm de largo, con ejes ásperos al tacto.
- Espiguilla/Flores: Glumas hialinas o purpúreas, de 6 a 10 mm de largo y menos de 1 mm de ancho, largamente acuminadas, trinervadas, iguales o la primera un poco más larga que la segunda; lema fusiforme, café claro, de 2 a 3.5 mm de largo, con pelos blancos, ápice del lema con pelos blancos de 3 a 4 mm de largo, arista de 1 a 2 cm de largo, escabrosa o glabra y flexuosa.

2.2.6. El plomo

A. Generalidades del plomo

Plomo, de símbolo Pb, deriva de la palabra plumbum. Número atómico 82 y peso atómico 207.19. Se encuentra en el grupo 14 del sistema periódico, es un metal pesado, denso (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 g/ml 16°C (61°F)) de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad a 327.4 °C (621.3 °F) y hierve a 1725 °C (3164 °F), las valencias químicas normales son 2 y 4, es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico, pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico (Wagner, 1996).

Debido a la variedad de aplicaciones que posee el plomo y la gran importancia industrial que ha tomado este metal en la vida cotidiana, los humanos hemos presentado una exposición excesiva a los productos del plomo, los cuales se conoce que son tóxicos para la salud.

B. Obtención del Plomo

Los yacimientos principales de plomo están en Australia, Canadá, Estados Unidos, Unión Soviética y Perú. La producción minera mundial es de aproximadamente 3.300.000 ton/año (Geankoplis, 1995), y sólo durante el año 2007 se produjeron en el mundo 3.3 millones de toneladas de

concentrados de plomo, producto de las operaciones mineras. De éstas, los cinco países productores más importantes agrupan alrededor de 81% de toda la producción, siendo el más importante China con alrededor de 1 millón de toneladas de producción, le siguen Australia, Estados Unidos, Perú y México; en América Latina se produce el 14% del total, siendo los más importantes productores Perú (212.600 ton/año) y México (184.261 ton/año) (Villegas, 1995).

C. Fuentes de exposición

El plomo se encuentra en forma natural en el ambiente, pero en mayores concentraciones son encontradas en el ambiente por el resultado de las actividades humanas. El riesgo de exposición al plomo es distinto según se está en el ambiente general o en el ocupacional, donde la vía de absorción más importante es la respiratoria (Poma, 2008).

El plomo puede ingresar al organismo vía alimenticia y/o tracto respiratorio en áreas en donde el aire se encuentra contaminado, por vía oral al ingerir alimentos (especialmente los enlatados), por el plomo que pudiera ser liberado en algunas industrias, como la de acumuladores, la gasolina y las pinturas que lo contengan, las tuberías de agua construidas de plomo, los recipientes como cazuelas, vasijas y/o la cerámica vidriada fundida a temperaturas no muy altas.

Los niños están expuestos al plomo, además, por algunos hábitos de vida o comportamientos tales como: comer tierra o pintura, jugar con juguetes elaborados con este metal o cuya pintura esté contaminada, por chupar o morder lápices de colores o crayolas, por ingerir alimentos sin lavarse las manos, por algunos remedios caseros que son portadores de plomo y por vía cutánea (Poma, 2008). Así las principales fuentes no ocupacionales de este metal son los alimentos (65%), agua potable (20%) y aire (15%).

D. Toxicidad del plomo

El plomo es un metal no esencial que puede causar toxicidad en todos los grupos de edad. El plomo es un catión divalente y se une fuertemente a grupos sulfhidrilo de las proteínas. La toxicidad del plomo puede ser atribuida a la alteración de enzimas y proteínas estructurales, pero este versátil tóxico tiene muchos más blancos (Poma, 2008).

Signos y síntomas de una exposición continua al plomo.

a. Exposición muy baja

Disminución de memoria, aprendizaje, cociente de inteligencia, habilidad verbal, atención, pronunciación y audición, signos de hiperactividad.

b. Exposición leve

Parestesias, mialgias, fatiga leve, irritabilidad, letargia, molestias abdominales.

c. Exposición moderada

Artralgias, fatiga general, dificultad de concentración, cansancio muscular, cefaleas, dolor abdominal difuso, vómitos, pérdida de peso, estreñimiento.

d. Exposición alta

Parestesias, parálisis, encefalopatía (puede causar convulsiones, alteración de la conciencia, coma y muerte), línea azul oscura en las encías, cólicos intermitentes y severos (Poma, 2008)

La adsorción del plomo ocurre tanto por vía respiratoria como digestiva; al llegar el plomo al torrente circulatorio desplaza al hierro de la hemoglobina y se forma lo que se conoce como plumbemia en donde se da una disminución de la hemoglobina lo que ocasiona entre otros la falta de apetito (anorexia), debilitamiento del cuerpo, dolor de cabeza,

dolores abdominales, así como alteraciones neurológicas (Poma, 2008).

2.3. Definición de términos básicos

Arcilla: Sustancia mineral, impermeable y plástica, formada principalmente por silicato de aluminio. El tamaño del grano es inferior a 0.002mm.

Biorremediación: Reparación de un daño ambiental y/o ecológico, por medio de organismos vivos, logrando reducir el riesgo a niveles aceptables.

Constante dieléctrica: Parámetro que describe las propiedades eléctricas de un medio. Es adimensional.

Contaminación: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

Contaminante: Toda materia o energía en cualquiera de sus esta dos físicos y químicos, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

Degradación: proceso en el cual un compuesto orgánico puede ser transformado, bajo ciertas condiciones ambientales y por métodos físicos, químicos o biológicos.

Ecosistema: Unidad funcional utilizada en ecología para referirse a todos los seres vivos y sus alrededores, incluyendo las interacciones recíprocas entre los organismos y el medio que los rodea.

Escorrentía: Agua que fluye directamente desde la superficie del suelo a las corrientes, ríos y lagos.

Lixiviación: Proceso por el cual los nutrientes, minerales y contaminantes son arrastrados por el agua infiltrada en los suelos.

Relleno sanitario: Fracción de suelo seleccionada por estrictos estudios geológicos y de impacto ambiental, utilizada para la disposición final de los residuos sólidos urbanos.

Remediación: Reparación de un daño ambiental y/o ecológico, por medio de técnicas físico –químicas, logrando reducir el riesgo a niveles aceptables. La forma e intensidad de la intervención quedará establecida en función del tipo y detalle de la evaluación de riesgo realizada en el sitio.

Sistema Abiótico: Sistema en el cual sus componentes constitutivos son materia no viva.

Sistema Biótico: Todo lo viviente. Un sistema o asociación biótica comprende todos los organismos vivos presentes en un área determinada.

Sorbato: Ion o molécula que es potencialmente capaz de unirse a un sorbente.

Sorbente: Material orgánico o inorgánico capaz de unir iones o moléculas.

Sustancias húmicas: Compuestos orgánicos ácidos existentes en los suelos, debido a la degradación de la materia orgánica por medio de microorganismos.

Tratamiento: Es la acción de transformar los residuos (líquidos o sólidos) o sus propiedades con el fin de eliminar o evitar los riesgos no deseados a la salud del hombre y al equilibrio de los ecosistemas.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La capacidad de absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, es superior a otras especies en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate-Pasco 2022.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La composición de plomo en los suelos degradados en la zona de Yanamate superan los límites establecidos por el Eca de suelo.
- La Capacidad de absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate es superior a otras especies nativas existentes.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

Plomo en el suelo de la laguna yanamate

2.5.2. Variable dependiente

Adsorción de plomo en la planta de *Stypa Ichu*

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

En la Tabla 2, se operacionalizó las variables de estudio, con el fin de hallar los objetivos de la presente investigación.

Tabla 1

Matriz de operacionalización de las variables

| Variable | Indicadores | Unidad | Instrumento | Fuente |
|---|--|--------|---|-----------------------------------|
| Dependiente Absorción de Plomo en la planta | Concentración inicial de plomo final de plomo | mg/L | Espectrofotometría de absorción atómica | <i>Stypa Ichu</i> en Yanamate |
| Independiente | | | | |
| Plomo en el suelo de la laguna Yanamate | Peso | mg/L | Espectrofotometría de absorción atómica | Suelo de la Laguna Yanamate |

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

Según Neyra y Lopez (2012) el tipo de investigación será aplicada, dado que se plantea dar solución a la problemática de suelos contaminados por los metales pesados, en especial el plomo, presente en la laguna de Yanamate, asimismo, se observó en la realidad como se presentan y relacionan las variables intentando establecer una comparación objetiva entre éstas. A su vez es sustantiva dado que haremos uso del análisis de laboratorio de absorción atómica, que permita recopilar información confiable que sirva de base para la ejecución de otros estudios que profundicen en la relación existente entre el nivel de concentración de plomo en el suelo y su absorción al emplear al *Stipa Ichu* en el ambiente de los suelos contaminados con metales pesados de la laguna de Yanamate.

3.2. Nivel de Investigación

En el nivel relacional de la investigación se desea conocer las condiciones que incrementan la probabilidad de absorción del plomo en la planta alto andina *stypa ichu*, se trata de los factores asociados y el estudio más común

es el de: factores de riesgo para la salud y al ambiente al tener la presencia de suelos contaminados por metales pesados

3.3. Métodos de investigación

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad realizar la evaluación de la absorción de plomo por acción de la planta alto andina *Stypa lchu*.

La investigación es experimental, se desarrollará un análisis químico al suelo, como a la planta para determinar el contenido de plomo a través de pruebas de laboratorio.

3.4. Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación consta de un modelo factorial 2k:

Análisis netamente de laboratorio

Se realizará el diagrama de flujo para la obtención y activación de la biomasa seca del *lchu*.

Tabla 2.

Matriz de la investigación

| | | |
|--------|-------------------------|-------------------------|
| Tamaño | 3 0 μm | 5 0 μm |
| Peso | | |
| 35 mg | | |
| 50 mg | | |

Unidad de análisis

El elemento de análisis está constituido por la *lchu* en los suelos de la laguna Yanamate.

Nivel de investigación

El presente trabajo de investigación corresponde al nivel explicativo orientado a obtener información cuantitativa de las variables de estudio. Evalúa

las causas y efectos del fenómeno a investigar, desde el punto de vista científico explicar es medir, describir relacionar lo que se investiga (Diaz, 2010)

a) Fase de Campo

La fase de campo se ejecutará en el área de influencia de la laguna, Se realizarán las visitas de campo para determinar los sitios de muestreo. La elección de la toma de muestras se realizará tomando en cuenta como criterio de inclusión a aquellos sectores que presentan mayor impacto ambiental y más cercanos a descargas de aguas residuales domesticas e industriales.

b) Protocolo de recolección y procesamiento de individuos de (Stipa Ichu)

Las plántulas serán recolectadas con herramientas manuales como palas y barrenos, para lo cual se usarán fundas con el sustrato del sitio.

Las muestras recolectadas serán trasladadas al laboratorio de Análisis químico de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, donde serán procesadas las muestras de la planta, para ver también la caracterización del suelo y colocarlo en los recipientes plásticos de 1 litro.

El protocolo de campo para la colecta y mantenimiento de las unidades experimentales se muestra en el diagrama siguiente:

Una vez secas se ingresó las muestras etiquetadas al laboratorio de Análisis



Químicos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Posteriormente se realizará la espectrofotometría de absorción atómica modalidad llama para la cuantificación del plomo absorbido por las plantas.

c) Espectrofotometría De Absorción Atómica

Las muestras secas fueron maceradas y entraron al proceso de digestión ácida para eliminar todo residuo orgánico de la muestra, esto se lo realiza añadiendo a 0,5 g de muestra con 8 ml ácido nítrico al 65% y siguiendo el procedimiento que se establecerá en la investigación. Finalmente se colocará las muestras en horno digestor.

Cada análisis se realizará por duplicado para mayor precisión de los datos finales. Una vez digeridas las muestras finales entraran al espectrofotómetro para su lectura. Antes de esto se realizará la curva de calibración con la solución de plomo estándar con 5 puntos de concentración.

Finalmente se procederá a realizar la lectura de cada muestra para conocer la cantidad de plomo absorbido por cada una de ellas planta.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El presente estudio de investigación se realizará dentro del área de influencia de la laguna Yanamate, ubicado entre el distrito de Tinyahuarco provincia y Region de Pasco a 4.080 msnm.

3.5.2. Muestra

Muestra(n): 20 muestras de plantas de Stipa Ichu seleccionados de las zonas impactadas de los suelos de la laguna Yanamate, como la toma de muestras de agua y suelo.

El tipo de muestreo es no probabilístico por la razón que obedece Al conjunto de datos mencionados en el proyecto

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica documental tiene como objetivo en la investigación documental es elaborar un marco teórico conceptual para formar un cuerpo de ideas sobre el objeto de estudio.

- A base de lectura. (Libros, Monografías, Revistas, Tesis), análisis de documentos y Internet.
- Ficha de trabajo. Que nos permite ordenar y clasificar los datos consultados.
- El Cuestionario. Porque nos permiten aislar ciertos problemas que interesan y precisan el objetivo de estudio y utilizar todos los materiales para empezar el estudio técnico. Observación. Que se hizo referencia a la percepción visual para el registro de respuestas tal como se presentaron.
- Ficha de Campo. Esta ficha se utilizará para anotar los datos recogidos en campo y en la toma de muestras.

3.6.1. Selección y toma de muestra

Este acápite solo nos ceñimos al conjunto de datos plasmados en el proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos particularmente en el análisis de la oferta y demanda en la etapa de la recolección de los residuos sólidos municipales del distrito de Huayllay,

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

Referido a la validación de la presente, se hace uso a través del método por juicio de expertos adjuntada en la sección de anexos, Asimismo referido a la confiabilidad de los datos con el fin de ver su consistencia interna, esta obedece al cálculo del coeficiente de confiabilidad del Alfa de Crombach, sin embargo, es necesario tener una prueba piloto con la finalidad de comparar ambas muestras, por lo que la presente tiene un nivel descriptivo de investigación es por ello que me baso solo en los datos obtenidos del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos

El Alfa de Crombach, es el coeficiente de confiabilidad, y se define como una correlación según (Santos Sanche, 2017).

3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

Se procedió a la siguiente secuencia para el análisis de datos:

- Revisión de material recolectado: Se realizará coordinaciones con los comuneros de la zona de Yanamate, y los funcionarios y personal técnico que tienen que ver con la conservación de la laguna Yanamate, para luego proceder y obtener datos de encuestas y determinar en función al objetivo de la investigación.
- Codificación textual de datos: La codificación de datos es un método de orden para elaborar los cuadros del estudio y obtener los resultados esperados y contrastarlos con la hipótesis.
- Interpretación de datos: Una vez ordenados los datos se pasa a interpretarlos de acuerdo con la realidad del estudio.

3.9. Tratamiento Estadístico

Los datos de la muestra se recaban a través de una ficha de observación que tiene el esquema de acuerdo a la tabla número 4 y para su procesamiento se realiza el siguiente procedimiento:

Primero realizar la prueba de normalidad a la muestra con la finalidad de determinar si obedece a una distribución normal.

Segundo realizar la elección del estadístico para validar la hipótesis general de la investigación

Tercero hallar la descripción inferencial de los datos a través de la interpretación de la media la moda la varianza la desviación estándar entre otros.

Para las pruebas paramétricas emplearemos el estadígrafo la t de Student para una muestra para que sea comparado con una media referencial como se aprecia en las figuras.

Tabla 3

Estadísticas para una muestra

| | N | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
|---------------------------------|----|--------|------------------|----------------------|
| Demanda de los residuos solidos | 12 | 4,6225 | ,24710 | ,07133 |

Tabla 4.

Estadística descriptiva de la muestra

| | Estadísticos descriptivos | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|--------|--------|----------|------------------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación |
| T °C | 5 | 10,70 | 11,40 | 11,0200 | ,28636 |
| pH | 5 | 5,30 | 6,80 | 6,1400 | ,61887 |
| Concentración Inicial (mg Kg-1) | 5 | 141,45 | 345,36 | 204,2220 | 83,35079 |
| Concentración Final (mg Kg-1) | 5 | 80,00 | 98,00 | 86,0000 | 7,24569 |
| Acumulación (mg Kg-1) | 5 | 61,45 | 247,36 | 118,2220 | 76,19813 |
| Acumulación en las Plantas (%) | 5 | ,43 | ,72 | ,5420 | ,12029 |
| N válido (por lista) | 5 | | | | |

Tabla 5.

Prueba de normalidad en el SPSS

| | Pruebas de normalidad | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnova | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | Gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Acumulación en las Plantas (%) | ,224 | 5 | ,200* | ,887 | 5 | ,340 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad de acuerdo a la tabla y de acuerdo al estadígrafo del shapiro wilk el valor significativo es mayor al 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula implicando que la acumulación de plomo en las plantas no presenta una distribución normal implicando que los estadígrafos a utilizar

para el análisis deben ser no paramétricos sin embargo de acuerdo a la ficha de observación y a la cuantificación de datos y por la naturaleza misma de la evaluación se emplea el estadígrafo de la t student.

Figura 4.

Prueba de normalidad en el SPSS

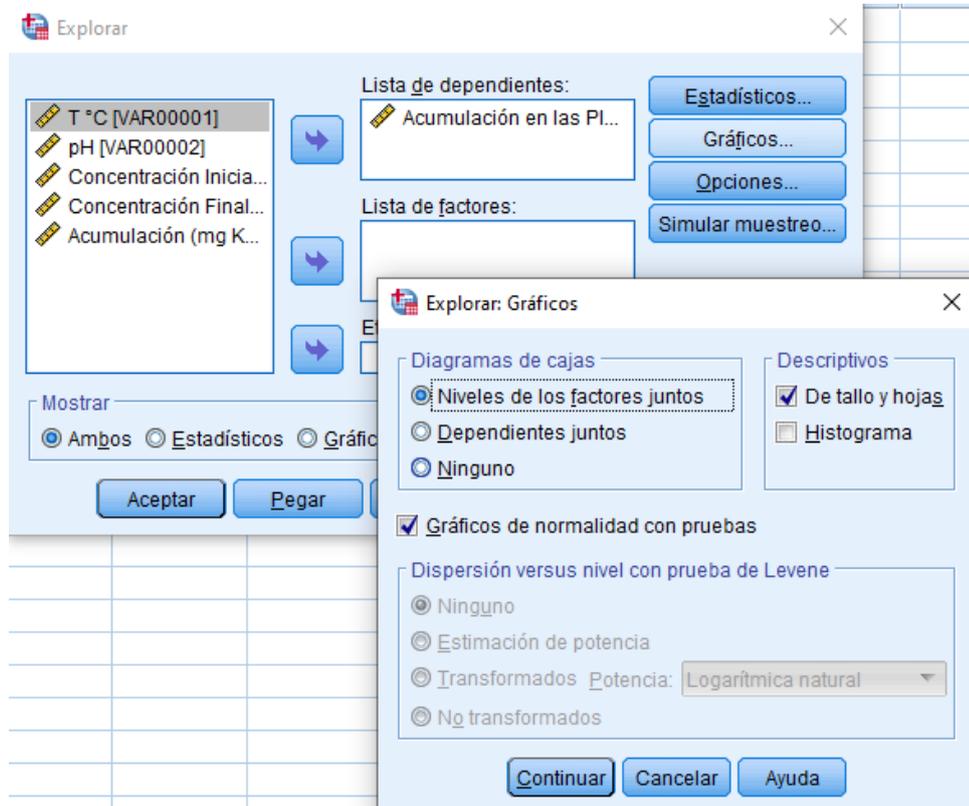
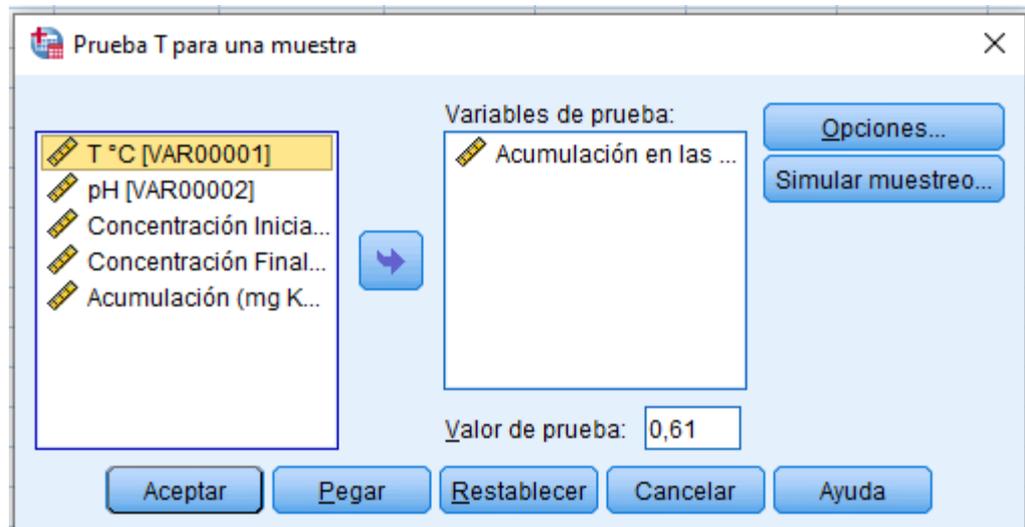


Figura 5

Prueba t Student para una muestra en el SPSS



3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La investigación nace de las constantes visitas de campo a la zona de Yanamate y la observación de la recuperación de los suelos de manera natural, por lo que se realiza y se realiza la evaluación a fin de comparar con investigaciones similares a nivel nacional e internacional dado que el procesamiento estadístico la redacción y Los criterios mencionados en la presente son de carácter inédito Así mismo contribuimos al cumplimiento de la ley 29733 en la que el conjunto de conocimientos vertidos en la presente investigación sirvan de antecedentes para otras investigaciones.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La toma de muestras en las áreas impactadas en el suelo de la laguna contaminada de Yanamate, se plantea realizar un conjunto de actividades de diagnóstico para evaluar la calidad del suelo y determinar el nivel de contaminación de plomo presente. Donde se consideró los aspectos importantes.

Empleo del equipo de protección personal (EPP) es de uso obligatorio, antes de comenzar cualquier trabajo en la laguna Yanamate, por lo que es esencial su uso, para esto se consideró, guantes de protección, gafas de seguridad, botas de goma, traje impermeable y, si es necesario, máscaras respiratorias. También la planificación referida en el proyecto por su importancia de tener un plan claro sobre qué parámetros se realizaran las mediciones y qué muestras se tomarán en el campo. Esto ayudará a garantizar que se obtengan resultados significativos y que se cumplan los requisitos de muestreo, asimismo, asegúrate de tener un acceso seguro al área de la laguna, evitando áreas de peligro o acceso restringido, referido a la recolección de muestras de suelo se utiliza recipientes de muestreo estériles para recoger las muestras en varios puntos de los suelos impactados de la laguna, para la medición se realizaron

en el laboratorio de Ingeniería Ambiental, para medir los parámetros fisicoquímicos y químicos, en el laboratorio Central de la UNDAC, esto es posible su realización empleando el equipo multiparámetro, porque permite medir como la temperatura del suelo, el pH, la conductividad eléctrica y otros. Esto proporcionará información inmediata sobre la calidad del suelo y puede ayudar a identificar posibles áreas de contaminación.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

El análisis de la contaminación de los suelos de la Laguna de Yanamate empleando la tecnología de la Fitorremediación, se describe en la siguiente tabla.

Tabla 6.

Acumulación de plomo del *Stipa ichu* por otros estudios

| Metales | T °C | pH | Concentración Inicial (mg Kg ⁻¹) | Concentración Final (mg Kg ⁻¹) | Acumulación (mg Kg ⁻¹) | Acumulación en las Plantas (%) |
|---------|------|------------|--|--|------------------------------------|--------------------------------|
| Plomo | | | 180 | 70 | 110 | 0.61 |
| Zinc | 11.4 | 5.25 - 6.9 | 210.5 | 79.5 | 131 | 0.62 |
| Cobre | | | 58.9 | 55.91 | 2.99 | 0.05 |

Estos resultados indican que la tecnología de fitorremediación ha logrado reducir la concentración de plomo en el suelo de la Laguna de Yanamate. La acumulación de plomo en el sistema fue de 110 mg Kg⁻¹, lo que sugiere que las plantas utilizadas en el proceso han absorbido una cantidad significativa de plomo del suelo.

Los resultados indican una disminución en la concentración de zinc en el suelo después del tratamiento de fitorremediación. La acumulación de zinc en el sistema fue de 131 mg Kg⁻¹, lo que sugiere que las plantas han absorbido una cantidad considerable de zinc.

Los resultados indican una ligera reducción en la concentración de cobre en el suelo después del tratamiento de fitorremediación. La acumulación de

cobre en el sistema fue de 2.99 mg Kg-1, y la acumulación en las plantas fue del 0.05%.

Tabla 7

Datos del muestreo del Stipa ichu en el laboratorio

| Metal | T °C | pH | Concentración Inicial (mg Kg-1) | Concentración Final (mg Kg-1) | Acumulación (mg Kg-1) | Acumulación en las Plantas (%) |
|-----------------|-------------|-------------|--|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Plomo | 11.4 | 5.3 | 345.36 | 98 | 247.36 | 0.72 |
| Plomo | 11.2 | 6 | 195.48 | 84 | 111.48 | 0.57 |
| Plomo | 10.7 | 6.8 | 141.45 | 80 | 61.45 | 0.43 |
| Plomo | 11 | 5.9 | 196.14 | 87 | 109.14 | 0.56 |
| Plomo | 10.8 | 6.7 | 142.68 | 81 | 61.68 | 0.43 |
| Promedio | 11 | 6.14 | 204.2 | 86 | 118.22 | 0.54 |

Los resultados de la tabla muestran las características: "Metal": Indica el metal que se está analizando, en este caso, es plomo. "T °C": Representa la temperatura a la cual se realizaron las mediciones. "pH": Muestra el nivel de acidez o alcalinidad de las muestras. "Concentración Inicial (mg Kg-1)": Es la concentración inicial de plomo en las muestras, expresada en miligramos por kilogramo. "Concentración Final (mg Kg-1)": Indica la concentración de plomo después de cierto tiempo o proceso, también expresada en miligramos por kilogramo. "Acumulación (mg Kg-1)": Es la cantidad de plomo acumulado durante el período o proceso específico, en miligramos por kilogramo. "Acumulación en las Plantas (%)": Muestra el porcentaje de plomo acumulado en las plantas en relación con la concentración inicial.

La tabla presenta diferentes mediciones de plomo en varias muestras, con valores específicos para cada variable. Por ejemplo, en la primera fila, se muestra que la concentración inicial de plomo fue de 345.36 mg/kg, y después de cierto tiempo, la concentración final fue de 98 mg/kg. Esto indica una acumulación de 247.36 mg/kg de plomo en ese período, lo que equivale al 0.72% de acumulación en las plantas. El promedio general de todas las mediciones indica que la concentración inicial promedio de plomo fue de 204.2

mg/kg, la concentración final promedio fue de 86 mg/kg, y la acumulación promedio fue de 118.22 mg/kg, lo que representa aproximadamente el 0.54% de acumulación en las plantas. El pH promedio fue de 6.14 y la temperatura promedio fue de 11 °C.

Figura 6.

Suelo contaminado en la laguna de Yanamate



Figura 7.

Suelo degradado por la presencia de sulfatos y metales pesados



En las figuras 6 y 7 se aprecia la presencia excesiva de sulfatos en el suelo puede ser resultado de actividades humanas, como la minería, la producción industrial o el uso de ciertos productos químicos. Los sulfatos pueden llegar al suelo a través de la lixiviación de minerales ricos en sulfato, la liberación de residuos industriales o el uso de fertilizantes y enmiendas del suelo que contienen sulfatos.

Los efectos de los sulfatos en el suelo pueden incluir la acidificación del suelo, la alteración del equilibrio de nutrientes y la toxicidad para las plantas y microorganismos. La acidificación del suelo puede disminuir la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, lo que puede afectar negativamente su crecimiento y desarrollo. Además, altas concentraciones de sulfatos pueden tener un efecto tóxico directo sobre las plantas, causando daños en sus raíces y tejidos.

Figura 8.

Fitorremediación con *Stipa ichu* toma 1



Figura 9.

Fitorremediación con *Stipa ichu* toma 2



Las figuras 8 y 9 se muestra el *Stipa ichu* que muestra cierta tolerancia a la contaminación en comparación con otras especies vegetales más sensibles. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la capacidad de esta planta para crecer y prosperar en suelos contaminados dependerá del tipo y nivel de contaminación presente.

En general, el ichu puede soportar ciertos niveles de contaminantes en el suelo, como metales pesados y algunos compuestos orgánicos. Esto se debe en parte a su capacidad para desarrollar raíces profundas y su sistema de raíces fibrosas, que le permite acceder a nutrientes y agua en capas más profundas del suelo. Además, la planta tiene la capacidad de acumular ciertos contaminantes en sus tejidos sin sufrir daños significativos.

Tabla 8.

Datos descriptivos de la muestra

| | Estadísticas para una muestra | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|-------|------------------|----------------------|
| | N | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
| Acumulación en las Plantas (%) | 5 | ,5420 | ,12029 | ,05380 |

La tabla muestra de 5 muestra cuya media de acumulación es del 54,20%, con una desviación estándar de 0,12029 y una desviación estándar del error promedio de 0,05380. Estos resultados proporcionan información sobre la distribución y la precisión de la estimación para la variable "Acumulación en las Plantas (%)".

Tabla 9.

Prueba de la hipótesis general de la investigación

| | Prueba para una muestra | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|----|------------------|----------------------|--|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Acumulación en las Plantas (%) | -1,264 | 4 | ,275 | -,06800 | -,2174 | ,0814 |

Los resultados de la prueba para una muestra muestran lo siguiente:

Valor de prueba: 0.61: Este es el valor calculado de la estadística de prueba. En este caso, la estadística de prueba utilizada es "t". La significancia bilateral se presenta como 0.275. Esta es la probabilidad de observar una diferencia de medias tan extrema o más extrema que la observada en la muestra, bajo la suposición de que no hay diferencia real en la población. La diferencia de medias observada es -0.06800. Indica la diferencia promedio entre la muestra y la media hipotética (cero en este caso).

4.3. Prueba de Hipótesis

H0 ($\mu_0 = \mu_1$): La capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, descontamina los suelos degradados en la zona de Yanamate-Pasco 2022.

H1 ($\mu_0 \neq \mu_1$): La capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, no descontamina los suelos degradados en la zona de Yanamate-Pasco 2022.

Interpretación: La prueba de hipótesis para una muestra del estudio, empleando la t de student, compara la media de acumulación del plomo en la planta *Stipa Ichu*, de 54.2%, con el valor de 61% que es el promedio obtenido en la investigación de (Prieto Mostacero & Fernandez Lamberto, 2020), obteniendo el grado de significancia del 0.275, siendo esta mayor al 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula, evidenciando la capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, en la descontaminación de los suelos degradados en la laguna de Yanamate.

4.4. Discusión de resultados

Los estudios de la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados mediante el uso de *Stipa ichu* como planta fitorremediadora, utilizan esta especie vegetal para remover o reducir la concentración de metales pesados en el suelo, mejorando así su calidad y reduciendo los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

El *Stipa ichu* es una planta efectiva en la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados. Durante el estudio, se observó una disminución significativa en los niveles de metales pesados en el suelo tratado con *Stipa ichu* en comparación con el suelo sin tratar, además de la capacidad de *Stipa ichu* para acumular metales pesados en sus tejidos fue evidente, por lo que se encontró una alta concentración de metales pesados en las raíces y partes aéreas de la planta, lo que indica su capacidad para absorber y acumular

estos contaminantes, en este acápite estamos de acuerdo con (Prieto Mostacero & Fernandez Lamberto, 2020).

Además, que tiene constancia que la presencia de *Stipa ichu* en el suelo contaminado también mejoró las propiedades físicas y químicas del suelo. Se observó un aumento en la materia orgánica, la capacidad de retención de agua y la actividad microbiana en el suelo tratado con la planta, además de su capacidad para fitorremediar suelos contaminados, *Stipa ichu* también puede tener beneficios adicionales, como la restauración de la vegetación en áreas degradadas y la mejora de la biodiversidad, sin embargo, se observó que la eficiencia de fitorremediación de *Stipa ichu* puede variar dependiendo de las condiciones ambientales y la concentración inicial de metales pesados en el suelo. Es necesario realizar más investigaciones para determinar las mejores condiciones de aplicación de esta planta en la fitorremediación de suelos contaminados.

La fitorremediación utilizando *Stipa ichu* es una técnica económica y ambientalmente sostenible. Esta planta es nativa de la región y no requiere de grandes inversiones en infraestructura o productos químicos, lo que la convierte en una opción viable para la remediación de suelos contaminados con metales pesados.

Stipa ichu es una especie vegetal capaz de acumular metales pesados en su tejido, lo que indica su capacidad para remediar suelos contaminados, la acumulación de metales pesados esta varía según el tipo de metal y la concentración presente en el suelo contaminado, además se sabe que muestra una mayor tolerancia a ciertos metales pesados, como el zinc y el cobre, en comparación con otros metales como el plomo y el cadmio. La capacidad de acumulación de metales pesados en *Stipa ichu* puede ser influenciada por factores como el pH del suelo y la presencia de otros elementos químicos, y su uso de *Stipa ichu* como una estrategia de fitoextracción de metales pesados en

suelos contaminados puede ser una alternativa viable y sostenible para la remediación ambiental.

CONCLUSIONES

La especie *Stipa ichu* es una planta prometedora para la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados, debido a su capacidad para acumular estos contaminantes con un porcentaje de 0.54% en la planta y mejorar las propiedades del suelo, además de habitar en zonas de alto friaje con una media de 5.4 °C de temperatura ambiental

La fitorremediación utilizando *Stipa ichu* es una técnica efectiva, económica y sostenible para la remediación de suelos contaminados con metales pesados. Esta planta tiene la capacidad de acumular metales pesados en sus tejidos y mejorar la calidad del suelo, lo que la convierte en una opción prometedora para la restauración de suelos contaminados.

La capacidad resistiva del *Stipa Ichu* en climas fríos, es considerable por que los datos de resistencia al frío y adaptación a bajas temperaturas, guardan una relación con la distribución geográfica, etc. Estos factores son importantes para determinar si esta especie es capaz de sobrevivir y prosperar en condiciones frías.

Los resultados indican que la diferencia de medias observada no es estadísticamente significativa a un nivel de significancia del 5% ($p > 0.05$). Esto implica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que la media real es cero, por esta razón se demuestra la capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino descontamina los suelos degradados en la zona de Yanamate en la Región Pasco

RECOMENDACIONES

Estos datos pueden ser utilizados para evaluar el nivel de contaminación por plomo en las muestras analizadas y su impacto en el medio ambiente, especialmente en las plantas

Realizar investigaciones específicas sobre la especie vegetal *Stipa Ichu* en relación con su capacidad resistiva en climas fríos y su relación en los suelos contaminados.

Monitorear regularmente el crecimiento de *Stipa ichu* y la concentración de metales pesados en el suelo. Esto permitirá evaluar la eficacia de la fitorremediación y realizar ajustes si es necesario y realizar un seguimiento a largo plazo de la recuperación del suelo después de la fitorremediación con *Stipa ichu*. Esto puede incluir análisis periódicos de la calidad del suelo y la concentración de metales pesados para asegurar que no haya una recontaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentaste, E., Sarzanini, C., & Barberis, R. (2002). Distribution and Mobility of Metals in Contaminated Sites Chemometric Investigation of Pollutan. *Environmental Pollution*, 119: 177.
- Angelova, V., Ivanova, R., Delibaltova, V., & Ivanov, K. (2004). Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products*, 197–205.
- Cerrón Mellado, S. (2022). *Reducción de plomo en suelos contaminados por relaves metalúrgicos en la planta UNCP-Yauris mediante fitoextracción con girasol y enmienda de vermicompost*. Huancayo: Universidad Continental.
- Civera, R., & Guillaume, J. (1989). Efecto del fitato de sodio sobre el crecimiento y la mineralización de tejidos de juveniles de *Penaeus japonicus* y *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 145-156.
- Coyago, E., & Bonilla, S. (2016). Absorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano. *Revista de Ciencias de la Vida*, 35–46.
- Febres Flores, S. E. (2019). *Remediación de suelos contaminados con plomo (Pb) mediante el empleo de girasol (Helianthus annuus) y estiércol de lombriz roja (Eisenia foetida) en condiciones controladas*. Arequipa: UNSA.
- García Carrillo, M., Serna Cueto, A. D., & Valencia Castro, C. (2018). Estudio de absorción, acumulación y potencial para la remediación de suelo contaminado por níquel usando *Ambrosia ambrosioides*. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 708-713.
- García, I., & Dorronsoro, C. (2005). Contaminación por Metales Pesados. En *Tecnología de Suelos*. Universidad de Granada.
- Jardín Botánico de Misuri. (16 de febrero de 2013). *Stipa Ichu*.

- Kabata Pendias, A. (2000). Trace elements in soils and plants. *Boca Raton*, 365-413.
- Lucho, C., Prieto, F., Del Razo, L., Rodríguez, R., & Poggi, H. (2005). fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with wastewater in central Mexico. *Chemical*, 57–71.
- Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & García, P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 29-44.
- Puga, S., Sosa, M., Lebgue, T., Quintana, C., & Campos, A. (2006). Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Ecología Aplicada*, 149-155.

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de datos

Anexo 1 Contaminación de suelos



Anexo 2 Recuperación de los suelos brotes de Flora



Anexo 3. Toma de muestra de los suelos contaminados



Anexo 4 Restos de materia orgánica en la laguna



Anexo 5 Restos de roca caliza



Anexo 6 Suelo contaminado toma 2



Anexo 7. Estrato de arcilla



Anexo 8. Estrados toma 2



Anexo 9. *Stipa ichu* en suelos contaminados



Anexo 1. Toma de muestra de materia orgánica



Anexo 21 Matriz de consistencia

Título: Absorción de plomo en suelos altamente contaminados mediante el uso del pasto alto andino *Stipa ichu*, en la zona de laguna de Yanamate - Pasco 2022

| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES E INDICADORES | MUESTRA | DISEÑO | ESTADISTICA |
|--|--|--|---|--|--|--|
| <p>Problema General</p> <p>¿Cuál será Capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino <i>Stipa ichu</i>, en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate-Pasco 2022?</p> | <p>Objetivo General</p> <p>Evaluar la capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino <i>Stipa ichu</i>, en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate-Pasco 2022</p> | <p>Hipótesis General</p> <p>La capacidad de absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino <i>Stipa ichu</i>, es superior a otras especies en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate-Pasco 2022</p> | <p>V.I</p> <p>Plomo en el suelo de la laguna yanamate</p> | <p>Población</p> <p>Absorción de plomo</p> | <p>Método</p> <p>Hipotético - deductivo</p> | <p>Estadística Inferencial</p> |
| <p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la composición de plomo en los suelos degradados en la zona de Yanamate?</p> <p>¿Cuál será Capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino <i>Stipa ichu</i>, en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate-Pasco 2022?</p> | <p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar la composición de plomo en los suelos degradados en la zona de Yanamate.</p> <p>Determinar la Capacidad de Absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino <i>Stipa ichu</i>, en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate-Pasco 2022</p> | <p>Hipótesis Específicas</p> <p>La composición de plomo en los suelos degradados en la zona de Yanamate superan los límites establecidos por el Eca de suelo.</p> <p>La Capacidad de absorción de plomo mediante el uso del pasto alto andino <i>Stipa ichu</i>, en la descontaminación de los suelos degradados en la zona de Yanamate es superior a otras especies nativas existentes</p> | <p>V.D</p> <p>Adsorción de plomo en la planta de <i>Stipa ichu</i></p> | <p>Muestra</p> <p>Muestreo intencionado no probabilístico</p> | <p>Nivel de investigación</p> <p>Explicativo</p> <p>Diseño</p> | <p>Validación de hipótesis</p> <p>Pruebas paramétricas</p> <p>T student</p> |