

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**Análisis de absorción de metales en la planta Stypa Ichu en las zonas no disturbado y disturbado del suelo de la Laguna Yanamate-Pasco.**

**Para optar el Título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor: Bach. Jhonatan Guillermo RICAPA ATENCIO**

**Asesor: Mg. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS**

**Cerro de Pasco - Perú - 2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**



**TESIS**

**Análisis de absorción de metales en la planta *Stypa ichu* en las zonas  
no disturbado y disturbado del suelo de la Laguna Yanamate-Pasco**

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

---

Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN  
PRESIDENTE

---

Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA  
MIEMBRO

---

Mg. Luis Villar REQUIS CARBAJAL  
MIEMBRO

**DEDICATORIA**

A mi padre, a mi madre y familiares

**Bach. Jhonatan Guillermo RICAPA ATENCIO**

## **RECONOCIMIENTO**

A mi asesor, por las correcciones en cada etapa de la tesis

A mi familia por las motivaciones de seguir adelante y seguir perseverando.

A mis compañeros, por las motivaciones de forma profesión. Aportando orientaciones

## RESUMEN

La investigación tubo prioridad en el análisis de la absorción de metales tales como el Calcio, Manganeso, Potasio, Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso. En los suelos de la Laguna Yanamate – Pasco.

Nos centramos en el análisis de los metales mencionados, con la técnica de la absorción del suelo con la planta del Stypa Ichu. Conociendo y evaluando la clasificación taxonómica y distintas aplicaciones en esta rama de la ciencia.

Cuya influyendo en la valoración de la adaptabilidad en suelos contaminados de metales pesados.

El instrumento utilizado es el muestreo de la planta Stypa Ichu, para luego, enviar al laboratorio, para el análisis. Describiendo la absorción en las zonas disturbadas y no disturbadas.

De los resultados obtenidos del laboratorio de suelo, aguas y Ecotoxicología –UNAS, Podemos decir que con la absorción de la planta de Stypa Ichu en la Zona Disturbada son los metales de Sodio “Na” y Cobre “Cu”, y, en la Zona no Disturbada, su absorción son los metales de Magnesio “Mg” y Manganeso “Mn”.

Estos resultados fueron analizados e interpretados por las Hojas, Tallos, Raíces y la Semilla de la planta de Stypa Ichu

**Palabras clave:** Stypa Ichu, Metales pesados, zonas disturbadas y no disturbados.

## ABSTRACT

Research has priority in the analysis of the absorption of metals such as Calcium, Manganese, Potassium, Calcium, Magnesium, Potassium, Sodium Cadmium, Lead, Copper, Iron, Zinc and Manganese. On the floors of Laguna Yanamate - Pasco.

We focus on the analysis of the mentioned metals, with the soil absorption technique with the *Stypa Ichu* plant. Knowing and evaluating taxonomic classification and different applications in this branch of science.

Whose influencing the assessment of adaptability in contaminated soils of heavy metals.

The instrument used is the sampling of the *Stypa Ichu* plant, and then sent to the laboratory for analysis. Describing absorption in disturbed and undisturbed areas.

From the results obtained from the soil, water and Ecotoxicology laboratory –UNAS, we can say that with the absorption of the *Stypa Ichu* plant in the Disturbed Zone are the “Na” and Copper “Cu” Sodium metals, and, in the Zone Not Disturbed, its absorption is the magnesium metals "Mg" and Manganese "Mn".

These results were analyzed and interpreted by the Leaves, Stems, Roots and the Seed of the *Stypa Ichu* plant.

**Keywords:** *Stypa Ichu*, Heavy metals, disturbed and undisturbed areas..

## INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad primordial para la economía del país, sin embargo, en los años pasados, los residuos mineros lo distribuían en diferentes puntos de la naturaleza. En la actualidad estos residuos perjudican a la flora y fauna.

La flora y fauna son indicadores naturales para verificar la gravedad de estos residuos mineros hacia el suelo (Zonas disturbadas), que nos permitan comparar con otros suelos a las que no fueron disturbados por los residuos de la minería.

La flora seleccionada para el análisis de la presente investigación es la planta de *Stypa Ichu* interrelacionando con las zonas disturbadas y no disturbadas de la laguna Yanamate.

Esta planta muestra gran adaptabilidad y desempeño en la absorción, por lo cual motivamos en el análisis, de esta forma este propósito se dividió el trabajo en cuatro (4) capítulos, los cuales se describen a continuación:

**CAPÍTULO PRIMERO. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**, identificamos el problema y determinamos que la planta de *Stypa Ichu* es la seleccionada para la medición y comparación de estos metales a analizar, los cuales son: Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso, así como proponer lo importante de la laguna Yanamate.

**CAPÍTULO SEGUNDO. Comprende EL MARCO TEÓRICO**, consideramos que es la parte fundamental a realizar para los antecedentes que se utilizó en anteriores investigaciones de la planta *Stypa Ichu*. Y fundamentando que la planta se desempeña en la absorción de los diferentes metales presentes en el suelo. Tratando de enfocarse bajo un solo concepto y entendimiento.

CAPÍTULO TERCERO. Comprende LA METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN, utilizamos en la presente investigación. Una investigación no experimental lo cual se realiza un reconocimiento en el trabajo de campo y trabajo de gabinete, haciendo uso de la codificación de datos e interpretación, orientándonos en la ética profesional.

CAPÍTULO CUARTO. Mostrando los RESULTADOS Y DISCUSIÓN de la investigación. Se muestra los resultados obtenidos del trabajo de campo (extracción de las muestras), mencionados en el anexo 04 “Panel de Fotográfico”; aplicado a nuestro objeto de estudio, realizamos tablas para analizar estos resultados, y posteriormente la validación de la hipótesis de investigación, con fin de la discusión de resultados obtenidos.



## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**RECONOCIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**ÍNDICE**

### **CAPÍTULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

|   |          |
|---|----------|
| <b>1.1. Identificación y determinación del problema</b> | <b>1</b> |
| <b>1.2. Delimitación de la investigación</b>            | <b>4</b> |
| <b>1.3. Formulación del problema</b>                    | <b>4</b> |
| <b>1.3.1. Problema Principal</b>                        | <b>4</b> |
| <b>1.3.2. Problemas Específicos</b>                     | <b>4</b> |
| <b>1.4. Formulación de objetivos</b>                    | <b>5</b> |
| <b>1.4.1. Objetivo General</b>                          | <b>5</b> |
| <b>1.4.2. Objetivos Específicos</b>                     | <b>5</b> |
| <b>1.5. Justificación de la investigación</b>           | <b>5</b> |
| <b>1.6. Limitaciones de la investigación</b>            | <b>6</b> |

### **CAPÍTULO II**

#### **MARCO TEÓRICO**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2.1. Antecedentes de estudio</b>                            | <b>7</b>  |
| <b>2.2. Bases Teóricas – Científicas</b>                       | <b>18</b> |
| <b>2.3. Definición de términos básicos</b>                     | <b>29</b> |
| <b>2.4. Formulación de hipótesis</b>                           | <b>33</b> |
| <b>2.4.1. Hipótesis General</b>                                | <b>33</b> |
| <b>2.4.2. Hipótesis Específicas</b>                            | <b>33</b> |
| <b>2.5. Identificación de variables</b>                        | <b>33</b> |
| <b>2.6. Definición Operacional de variables e indicadores:</b> | <b>34</b> |

### **CAPITULO III**

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

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3.1. Tipo de investigación</b>   | <b>35</b> |
| <b>3.2. Métodos de investigación</b>  | <b>35</b> |
| <b>3.3. Diseño de la Investigación</b>  | <b>36</b> |
| <b>3.4. Población y muestra</b>   | <b>36</b> |
| <b>3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>                           | <b>37</b> |
| <b>3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos</b>                             | <b>37</b> |
| <b>3.7. Tratamiento estadístico</b>   | <b>37</b> |
| <b>3.8. Selección validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación</b> | <b>37</b> |
| <b>3.9. Orientación ética</b>   | <b>38</b> |

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.1. Descripción del trabajo de campo</b>                      | <b>39</b> |
| <b>4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados</b> | <b>39</b> |
| <b>4.3. Prueba de Hipótesis</b>                                   | <b>43</b> |
| <b>4.4. Discusión de resultados</b>                               | <b>44</b> |

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## Resumen de Ilustraciones

|  |    |
|--|----|
| <i>Tabla 1: Variable Independiente</i> .....   | 34 |
| <i>Tabla 2: Variable Dependiente</i> .....   | 34 |
| <i>Tabla 3: Resultados de Absorción de las Hojas de las muestras de Stypa Ichu</i> .....   | 40 |
| <i>Tabla 4: Resultados de Absorción de los Tallos de las muestras de Stypa Ichu</i> .....  | 41 |
| <i>Tabla 5: Resultados de Absorción de las raíces de las muestras de Stypa Ichu</i> .....  | 42 |
| <i>Tabla 6: Resultados de Absorción de las raíces de las muestras de Stypa Ichu</i> .....  | 43 |
| <i>Tabla 7: Comparación entre la absorción de metales en mayor cantidad vs partes de la planta</i> .....                               | 44 |
| <i>Tabla 8: Coordenadas de extracción de muestras: Especie de Stypa Ichu, donde exista contaminante y no exista contaminante</i> ..... | 52 |

## Resumen de tablas

|  |    |
|--|----|
| <i>Ilustración 1: Ubicación de las zonas Disturbadas y Zonas no Disturbadas</i> .....  | 52 |
| <i>Ilustración 2: Informe de análisis de muestra laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Ecotoxicología</i> .....   | 53 |
| <i>Ilustración 3: Fotografía panorámica de la laguna Yanamate</i> .....  | 54 |
| <i>Ilustración 4: Suelo de los alrededores (zona disturbada) de la Laguna Yanamate</i> .....   | 54 |
| <i>Ilustración 5: Ejemplar de la Stypa Ichu</i> .....  | 55 |
| <i>Ilustración 6: Selección al azar de las muestras del Stypa Ichu</i> .....   | 55 |
| <i>Ilustración 7: Extracción del ejemplar de la Stypa Ichu</i> .....   | 56 |
| <i>Ilustración 8: Zona No Disturbada</i> .....   | 56 |
| <i>Ilustración 9: Stypa Ichu en procedimientos para enviar al laboratorio</i> .....  | 57 |
| <i>Ilustración 10: Clasificación de las hojas, tallos, raíces y Semilla, para enviar al laboratorio</i> .....  | 57 |
| <i>Ilustración 11: Clasificación de las hojas, tallos, raíces y Semilla, para enviar al laboratorio</i> .....  | 58 |
| <i>Ilustración 12: Pesaje de forma individual de las hojas, tallos, raíces y semilla, para en análisis de: Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso</i> ..... | 58 |

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

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

El suelo es un recurso importante y esencial, del cual depende la salud de las personas, las especies animales y las plantas que lo habitan, así como las potencialidades del desarrollo económico y social de las comunidades que se benefician de este recurso.

La existencia y gravedad de los problemas de contaminación en el suelo son reconocidas en diversas formas debido a los diferentes usos y actividades que se le da actualmente por el hombre. La minería en nuestro país, debido al crecimiento de la demanda de los minerales las operaciones mineras han incrementado su productividad.

Sin embargo, el suelo no ha sido tenido en cuenta como recurso medioambiental que podría verse afectado, sino es hasta hace relativamente poco tiempo cuando al realizar las evaluaciones a los problemas que viene ocurriendo es cuando éste

constituye uno de los medios receptores de la contaminación más sensibles y vulnerables.

Antes de la década de los 70 se hablaba de la contaminación del aire y del agua, pero al suelo se le consideraba con una capacidad de autodepuración casi infinita. La sensibilidad mundial comenzó a cambiar a partir de la declaración de la “Carta Europea de Suelos” desarrollada por la Comunidad Europea en 1972, la cual define el suelo como uno de los más preciados activos de la humanidad sobre el que viven hombres, animales y plantas, lo califica como un recurso limitado fácilmente destructible y manifiesta que debe ser protegido contra la erosión, la contaminación, el daño que puede causar el desarrollo urbano, y las prácticas agrícolas y silvícolas, para acabar afirmando que los gobiernos y las personas con autoridad deben impulsar medidas específicas para planificar y administrar los recursos del suelo.

Pero fue en el año 1992, en la Cumbre de Río, donde se reconoció la importancia de la protección de los suelos y de sus usos potenciales en el contexto de un desarrollo sostenible, en particular contra la contaminación procedente de acciones o actividades de origen antrópico.

Por tanto, la contaminación del suelo consiste en la introducción de elementos extraños al sistema suelo o la existencia de un nivel inusual de uno propio que, por sí mismo o por su efecto sobre los restantes componentes, genera un efecto nocivo para los organismos del suelo, sus consumidores, o es susceptible de transmitirse a otros sistemas (García Martínez, 2005).

El suelo puede contener una gran variedad de elementos químicos, por lo que puede resultar difícil establecer a partir de qué momento, un mismo elemento deja

de ser beneficioso o indiferente, para pasar a tener la calificación de contaminante.

En el año 1992, se realiza la investigación a los principales cuerpos de agua, de la entonces Región Andrés Avelino Cáceres que realizó la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión y el Ministerio de Salud Lima

La laguna de Yanamate en 1981, es declarada de necesidad y de utilidad pública y en 1982 se inicia la descarga continua de agua acida de mina de la Empresa Minera Centromin Perú a esta laguna, en 1987 el nivel del espejo de agua alcanza su máxima cota poniendo en peligro la estabilidad de la carretera central a fines de ese año inicia el descenso de las aguas de la laguna siendo una de las causas probables de este fenómeno la activación de la falla geológica que está atravesando la laguna Yanamate.

El incremento de la velocidad de reacción de las aguas ácidas con los macizos de roca caliza ubicados en los lechos de la laguna de Yanamate inicialmente actuaban como un agente neutralizador de las aguas ácidas por ubicarse y tener un suelo rico en caliza, sin embargo, uno de los mayores problemas de la roca caliza es que han perdido sus propiedades físicas y químicas, convirtiéndose en la actualidad en suelos degradados con altos contenidos de sales y metales pesados.

Es en estos ambientes naturales y en estas condiciones de suelo donde la especie *Stypa Ichua* ha demostrado adquirir una buena adaptabilidad demostrando ser una especie con condiciones favorables para ser utilizada en los procesos de fitorremediación por su poder de absorción de elementos metálicos en el medio de suelo degradado. Por lo que me he propuesto realizar el presente trabajo de

investigación para realizar el análisis comparativo de absorción de plomo total en suelo como de la zona de influencia de la laguna y otra fuera del área de influencia.

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

El análisis de la especie de *Stypa Ichua*, de los suelos degradados y no degradados del área de influencia de la laguna Yanamate, se realizó para evidenciar la absorción del contenido de concentraciones de metales de Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso sobre la situación del área contaminada y otra sin contaminación del Laguna, basándose en un criterio de describir las cualidades de absorción atómica de las muestras tomadas, a modo que el análisis lo realiza el laboratorio de la universidad nacional agraria de la selva (UNAS). Interpretamos los resultados de manera puntual de lo absorbido.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema Principal**

¿Cuál será la concentración de absorción de metales de Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso total en la especie de *Stypa Ichua* en los suelos no degradados y degradados de la laguna Yanamate?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál es la concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso en la especie de *Stypa Ichua* en el área de suelos no degradados de la Laguna Yanamate?

- ¿Cuál es la concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso en la especie de Stypa Ichu en el área de suelos degradados de la Laguna Yanamate?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la concentración de absorción de metales de Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso total en la especie de Stipa en los suelos no degradados y degradados de la laguna Yanamate.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso en la especie de Stypa Ichu. en el área de suelos no degradados de la Laguna Yanamate.
- Determinar la concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso en la especie de Stypa Ichu. en el área de suelos degradados de la Laguna Yanamate.

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

La contaminación del suelo de la laguna Yanamate, se debe a los vertimientos de aguas acidas que han provocado la alteración de los suelos del área de influencia directa por la presencia de metales pesados producto de la actividad minera en la



zona ha ocasionado pasivos ambientales mineros, que vienen afectando de manera directa e indirecta de la laguna Yanamate degradando continuamente la biodiversidad del ecosistema acuático y terrestre.

Donde en la última década, se debe realizar el mejoramiento de los suelos al emplear la fitorremediación al realizar la absorción de metales por especies de flora terrestre como es el caso del *Stypa Ichu* ha sido objeto de investigación, debido que este proceso permite disminuir contaminantes metálicos presentes en los suelos. Que pueden ser de origen natural o antropogénico utilizado como absorbente, el cual se basa en las características estructurales, químicas, superficiales y morfológicas. Para ser empleados en el campo para la remoción de contaminantes presentes en el suelo de la laguna Yanamate.

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

Entre las limitantes que se tuvo que enfrentar podemos mencionar las más relevantes:

Los tiempos, siempre serán cortos para llevar a cabo estudios más profundos del tema de la fitorremediación, y aislar posibles variables externas que pudieran afectar los resultados de la investigación.

La falta de colaboración de las instituciones y pobladores de la comunidad de Yanamate, en el sentido de proporcionar información sobre el problema y propuestas de acción hacia la solución.

La carencia de un sistema de información que facilite la revisión de la producción técnica y científica relacionada a la especie de la flora estudiada *Stypa Ichu*

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

Con respecto a los antecedentes de la investigación, a nivel internacional se encontraron los siguientes trabajos:

**A. María Eugenia Guerrero Useda y Vanessa Pineda Aceve:**  
**“Contaminación del suelo en la zona minera de Rasgatá Bajo” (Tausa).**  
**Modelo conceptual. 29 de febrero del 2016.**

Resumen:

Se desarrolló un modelo conceptual del riesgo de contaminación físico química del suelo en la vereda Rasgatá Bajo. Esta vereda del municipio de Tausa, en Cundinamarca, está en la zona limítrofe del declarado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca en 2009, Distrito Regional de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables Páramo Guargua y Laguna Verde. La vocación productiva local por tradición ha sido el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L) y la extracción y transformación de arcilla y carbón, actividades con graves impactos sobre el suelo, por lo que el objetivo del

proyecto fue identificar y evaluar la condición de este recurso en territorios donde confluyen actividades de extracción y transformación de arcilla y carbón. Se siguió un enfoque metodológico mixto que combinó investigación documental, observaciones in situ y medición de características físico químicas para determinar las fuentes y tipos de contaminantes con riesgo de afectar el suelo aledaño a las faenas mineras y con impactos toxicológicos para las personas, la fauna y la flora. Los datos obtenidos aportarán al rediseño y evaluación de los planes de manejo ambiental local.

**B. Paola Andrea Durán Cuevas “Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral catalana” Universidad de Barcelona. 2010.**

Resumen:

La minería metálica se ha practicado desde tiempos ancestrales. La mina más antigua conocida en los registros arqueológicos es Lion Cave en Swazilandia (SE de África). Hace 43 mil años, los hombres del Paleolítico excavaban esta mina en busca de hematita, mineral de hierro, que extraían para producir un pigmento ocre. El cobre es uno de los primeros metales en ser utilizado ya que puede encontrarse en la naturaleza en estado nativo. Los primeros registros de la manipulación de otros minerales para la obtención de cobre datan del V milenio a.C. Se han encontrado pruebas de la explotación de minas de carbonatos de cobre tanto en Tracia como en la península del Sinaí. En la América precolombina, la cultura “Moche” desarrolló la metalurgia del cobre ya refinado a partir de la malaquita y otros carbonatos cupríferos en torno al siglo IV a.C. En la península Ibérica existen también registros de minas de cobre hacia el año 4500 a.c (Bradshaw y McNeilly, 1985). Pero, es a partir de

mediados del siglo XIX cuando la industria metalúrgica se expande rápidamente.

Actualmente, el desarrollo y el mejoramiento de la maquinaria y de los métodos han dado como resultado explotaciones a gran escala (Williamson et al., 1982). Esta industrialización de la minería ha contribuido de manera importante a la pérdida de los ecosistemas, mediante la aportación de elevadas cantidades de componentes tóxicos al medio ambiente (Wong, 2003; Cluis, 2004; Guevara et al., 2005).

El mayor problema ambiental de la minería metálica está relacionado con el nivel de metales residuales sin valor económico que contaminan el suelo, ya sea: a) físicamente, afectando la textura, estructura, estabilidad y disponibilidad de agua; b) químicamente, con alteración del pH, déficit de nutrientes y exceso de metales tóxicos, y también c) biológicamente, mediante el descenso o eliminación de microorganismos del suelo y de los organismos mayores (Williamson et al., 1982).

**C. Jorge Luis Luque “Desempeño de cuatro especies vegetales para fitorremediar suelos contaminados con hidrocarburos en Patagonia”.**

**Univ. Maimónides: Hidalgo. Buenos Aires, Argentina. Mayo 2009.**

Resumen:

La contaminación de los suelos por HC tiene un pronunciado efecto sobre las propiedades de los suelos, con procesos de salinización, de toxicidad sobre los microorganismos y mortandad de la vegetación por efectos fitotóxicos. Esto se ve agravado en la Patagonia extra-andina porque es un ecosistema sumamente frágil ya que tiene condiciones que limitan naturalmente el crecimiento de las plantas.

En los últimos años ha cobrado una gran importancia la utilización de métodos biológicos para la limpieza de sitios contaminados, dentro de ellos incluimos la fitorremediación. Es el uso de plantas y sus microorganismos asociados para extraer, secuestrar, detoxificar, degradar, contener o tornar inocuos a los contaminantes en suelos o aguas subterráneas, por alteración de las condiciones químicas y físicas del suelo.

Las tecnologías que utilizan los principios de la fitorremediación, y que son útiles para tratar gran variedad de contaminantes, sólo han sido evaluadas en nuestro país a escala de laboratorio para el tratamiento de suelos contaminados con HC de petróleo.

Los objetivos del ensayo han sido estudiar el posible efecto fitorremediador de cuatro especies en suelos recientemente contaminados con HC e incorporar una línea temática que demuestre ser factible de utilizarse en la restauración y/o recuperación de áreas degradadas por actividad petrolera.

El ensayo se realizó en el vivero de especies nativas de la E.E.A. INTA Chubut, en la ciudad de Trelew, entre octubre del 2006 y octubre del 2007. El suelo utilizado, de textura gruesa, sin limitaciones fisicoquímicas y con pobre fertilidad, fue extraído de los cañadones costeros de Comodoro Rivadavia. El HC utilizado en el ensayo, denominado “petróleo Cañadón” era un petróleo denominado mixto, con una densidad de 0.83 g/ml, o sea de características intermedias entre un petróleo asfáltico y parafínico. En la preparación del sustrato, se mezcló hasta la homogeneidad el suelo con aproximadamente 5 a 7 % en peso de HC fresco. El contenido inicial de HC en el sustrato era del 4.1% (+ 0,12) sobre suelo seco.

Las especies ensayadas eran de ciclo de vida perenne: Dos especies que componen la flora nativa patagónica (Botón de Oro (*Grindelia chilensis*)), Charcao (*Senecio filaginoides*) y dos especies gramíneas exóticas perennes (*Agropyron alargado* (*Thynopiron ponticum*) y *Elymus* (*Leymus racemosus* subsp *sabulosus*)).

Con el objetivo de analizar cómo se modifican las condiciones del suelo entre y alrededor de la masa de raíces, en condiciones controladas, el sustrato se colocó en macetas. El repique de las plantas (de dos meses y medio) a las macetas se realizó a fines de octubre del 2006. Se regaron periódicamente a fin de mantener una humedad constante eliminando el factor sequía.

Se fertilizó la mitad de las macetas aplicando una dosis de 60 unidades de Nitrógeno y 60 de Fósforo, en dos aplicaciones, al inicio del ensayo (octubre 2006) y en enero 2007.

Estadísticamente se diseñó un experimento con dos fuentes de variación: especies vegetales y fertilización, en un diseño factorial 5 tratamientos de plantación x 2 tratamientos de fertilización x 3 réplicas. Se evaluaron tres repeticiones por tratamiento en cada momento de muestreo (los dos momentos de muestreo finales). Adicionalmente se comparó la producción de biomasa aérea y de raíces de las diferentes especies sobre suelos con o sin presencia de HC.

Se evaluó la evolución del contenido total de HC y otros componentes en el tiempo, mediante tres momentos de muestreo: Al inicio del ensayo en octubre del 2006, a los 180 días de iniciado el ensayo y a su finalización, a los 350 días. Se realizaron determinaciones analíticas de: Cuantificación de los HC por el método gravimétrico y por el método de inyección directa CG-FID (inyección

directa de extracto crudo de diclorometano); cuantificación de las fracciones hidrocarburíferas mediante el método SARA (cuantificación de los Hidrocarburos como fracciones discriminadas); identificación y cuantificación de los HC Saturados normales, evaluación de la Mezcla Compleja No Resuelta (MCNR); Aromáticos volátiles bencénicos (BTEX); 16 compuestos PAH's que contempla la legislación, y de los alcanos isoprenoides Pristano y Fitano.

Para el análisis estadístico se realizó ANOVA, utilizando como variables de clasificación las especies vegetales y la fertilización y sus interacciones en los diferentes momentos de muestreo, según correspondiera ( $p \leq 0.05$ ); se utilizó el test de Tukey para comparar las medias.

La concentración inicial de HC (40.100 mg/kg) disminuyó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) en todos los tratamientos al cabo de 350 días de ensayo, produciéndose una degradación sostenida. Las diferencias fueron mayores en los primeros 180 días de ensayo, luego el ritmo de degradación disminuyó. Las gramíneas fueron más eficientes que las especies autóctonas para disminuir el contenido de HC en el suelo ya que Elymus y Agropiro fertilizados, disminuyeron entre 36 y 43 % a los 180 días y entre 45 y 49 % al final del ensayo.

En el análisis de la degradación de las fracciones livianas (C6 a C16) estas disminuyeron entre 75 y 80 % a los 180 días, y un 80 % a su finalización. A los 180 días los tratamientos vegetados degradaron los HC más eficientemente respecto a los Testigos y que los tratamientos vegetados no fertilizados, mientras que seis meses después el Testigo fertilizado no tuvo diferencias significativas con los tratamientos vegetados. Por lo tanto, en los HC livianos hay uso de los nutrientes aportados por el fertilizante por parte de los

microorganismos, pero no hay fitorremediación ya que no se observó un comportamiento diferencial entre tratamientos vegetados y no vegetados.

Mientras que en los HC más pesados, determinados por el método gravimétrico, hay una degradación más selectiva ya que dentro de cada tratamiento de fertilización en las gramíneas se ha hallado la degradación más eficiente y los tratamientos vegetados lo hacen significativamente más que el Testigo (Fitorremediación + Bioestimulación).

En nuestras condiciones de ensayo actuó fundamentalmente la rizorremediación involucrando la destrucción de los contaminantes en el suelo como resultado de actividad microbiana en la presencia de la rizosfera.

En el inicio del ensayo la mayor proporción de las fracciones la constituían los Saturados, 53.7 %, le seguían los Aromáticos con 32.1 % y los Resinoides con 14 %. Mientras que los Asfaltenos se hallaban en muy baja proporción, solo el 0.3 %. En la degradación no hubo diferencias significativas entre tratamientos. La fracción Saturados es la que más disminuyó, por degradación, entre 58 y 65 %. Mientras que la fracción Aromáticos disminuyó muy poco, entre 15 y 33 % del total.

Los isoalcanos Pristano y Fitano no fueron adecuados indicadores de actividad de degradación en las condiciones de nuestro ensayo, por lo tanto, se propone reemplazarlos por el concepto “Tasa de Degradación”, a partir del contenido de HC por el método gravimétrico.

Los PAH's disminuyeron significativamente en los tratamientos vegetados entre 64 y 75 %, respecto al Testigo, que alcanzó una disminución del 34 %.



No se halló correlación entre contenido de HC y el de los nutrientes a lo largo del tiempo como tampoco se halló correlación entre la disminución de HC en los diferentes tratamientos y la producción de biomasa de raíces y aérea.

En los tratamientos con sustrato sin HC la mayor producción de materia seca, al igual que en el sustrato empetroado, la obtuvieron Agropiro y Botón de Oro fertilizados. Podemos inferir que una misma especie puede tolerar diferentes niveles de HC según tenga o no una adecuada disponibilidad de nutrientes, comparando la producción de materia seca aérea de las especies utilizadas en el ensayo, en el sustrato con petróleo respecto a sin HC.

En las condiciones de nuestro ensayo la implementación de la FR es una tecnología eficiente ya que permite el crecimiento de plantas sobre los suelos contaminados y permite la producción de una biomasa suficiente para la fitodegradación y la degradación microbiana. Particularmente las especies de un gran volumen de raíces tales como las gramíneas exóticas adaptadas a las condiciones de Patagonia son las de mayor eficiencia por sobre las especies nativas.

**D. Adelia Mercedes Torres Saavedra “factor de bioconcentración y traslocación de especies altoandinas para suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de mesapata, en condiciones de invernadero, 2015 - 2016” Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Ancash – Perú. 2018.**

Resumen:

En el presente estudio se ha determinado el factor de bioconcentración y traslocación en tres especies vegetales altoandinas, *Stypa Ichu* (Ruíz y Pav.) Kunth, *Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov y *Medicago lupulina* L.,

para suelos contaminados con metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, y Cu) en condiciones de invernadero. Se establecieron tres grupos de tratamientos distintos para cada una de las especies ensayadas cuya denominación fueron: Testigo (Control 10 meses); sustrato más la solución de metales pesados y suelo proveniente de la concentradora polimetálica de Mesapata; por cada tratamiento se dieron tres repeticiones. Se determinó las concentraciones totales de Pb, Cd, Ni, Zn, y Cu en las diferentes partes de la planta (tallos y hojas) y raíces de las especies vegetales altoandinas, así mismo de los suelos donde se desarrollaron. Como resultado en la investigación se propagó *Stypa Ichu* (Ruíz y Pav.) Kunth por semillas con un porcentaje de sobrevivencia al 100%. *Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov por estolones con 98.52% de sobrevivencia y *Medicago lupulina* L. por esquejes juveniles con el 100% de sobrevivencia, respectivamente, se determinó la concentración de metales pesados en el suelo, raíz y parte aérea de las especies vegetales altoandinas expuestas a tratamiento con suelo proveniente de la concentración polimetálica de Mesapata, en condiciones de invernadero donde se obtuvo el orden de mayor concentración  $Pb > Zn > Cu > Cd > Ni$ , se categorizó como una planta fitoextractora *Stypa Ichu* (Ruíz y Pav.) Kunth y *Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov por obtener un  $FBC = 1.07$  y un  $FT = 1.15$ ;  $FBC = 1.62$  y un  $FT = 1.66$ , respectivamente y *Medicago lupulina* L.  $FBC = 2.13$  y un  $FT = 1.18$  de la misma manera se categorizó como una planta fitoextractora para suelos contaminados con metal Zinc, este proveniente de la concentradora polimetálica de Mesapata; por tener un  $FBC$  y  $FT$  mayores a uno, además se determinó el factor de bioconcentración y traslocación en el grupo T1 (sustrato más la adición de metales pesados) *Stypa Ichu* (Ruíz y Pav.) Kunth

bioconcentra (1.07) y trasloca (0.1), categorizándose como una planta fitoestabilizadora para Zinc; además *Medicago lupulina* L. bioconcentra (3.42) y trasloca (0.55) Cadmio, bioconcentra (2.09) y trasloca (0.21) Niquel, bioconcentra (3.04) y trasloca (0.8) Zinc; por lo que indica que es una planta fitoestabilizadora

**E. Abigail Dextre Rubina “Acumulación de metales pesados en *Senecio rufescens* DC. en dos lagunas altoandinas de las regiones de Lima y Junín, Perú”. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Lima – Perú. 2017.**

Resumen:

La habilidad de algunas plantas nativas para tolerar concentraciones extremas de metales pesados en los suelos indicaría su potencial para ser empleadas en la remediación de sitios contaminados por metales. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de arsénico, cadmio, cobre y plomo en la parte aérea (tallos + hojas) y las raíces de *Senecio rufescens*, establecer qué parte de la planta acumula más que la otra y relacionarlo con los contenidos respectivos de metales en los suelos.

Se evaluó la posibilidad de emplear esta especie para propósitos de remediación mediante el cálculo del factor de bioconcentración (FBC) y de traslocación (FT). Los ejemplares de *S. rufescens* se colectaron en dos localidades altoandinas: laguna Churuca (de suelos contaminados por minería) y laguna Ticticocha (de suelos parentemente sin contaminación). Se analizó el contenido de metales totales de las plantas y sus suelos asociados mediante ICP-AES (espectrometría de emisión atómica con fuente de plasma acoplado inductivamente). Los resultados indican que la concentración de cobre y arsénico en la parte aérea de las plantas de *S. rufescens* de Churuca es

significativamente superior al de la población de Ticticocha ( $p \leq 0.05$ ), a pesar de que los contenidos de metales pesados en los suelos de ambas localidades no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ), mientras que las cantidades de cadmio y plomo registradas en la parte aérea y la raíz de *S. rufescens* no muestran diferencias entre ambas localidades ( $p > 0.05$ ). El análisis de los FBC y los FT reveló que *S. rufescens* acumula eficientemente arsénico y plomo en sus raíces, pero la acumulación de los demás metales en la parte aérea es limitada. Por lo tanto, se propone a *S. rufescens* como una especie excluyente de arsénico y plomo, potencialmente útil para estudios de fitoestabilización de suelos contaminados en la zona de estudio. El presente estudio registra por primera vez la evaluación de *Senecio rufescens* como una especie nativa promisoría para tecnologías de fitorremediación.

**F. July Estefany Picoy Santiago “Tratamiento de la contaminación de los suelos de la Laguna de Yanamate empleando la tecnología de la fitorremediación” Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco. 2016.**

Resumen:

La laguna Yanamate, se ve afectado producto del vertimiento de aguas residuales de la actividad minera, el cual viene produciéndose desde muchos años, lo que ha provocado la alteración de la calidad del agua y del suelo, con cantidades considerables de metales, sales, etc., que constituyen uno de los principales contaminantes ambientales sujetos a una mayor investigación e intervención.

Como consecuencia también se puede ver los efectos que genera en la salud de las personas por ser ahora un ambiente altamente contaminado con metales,

muchos de ellos caso por ejemplo del plomo puede causar efectos de su acumulación progresiva. Como también en las plantas y animales que son expuestas a este ambiente.

Para prevenir el problema de los vertimientos industriales de las empresas mineras, la legislación de nuestro país, obliga a restaurar dichos suelos mediante acciones de remediación que permitan extraer, controlar, contener o reducir los contaminantes de un área determinada. Dentro de ello una de las tecnologías existentes para ello, es la fitorremediación, que permite la utilización de plantas, en el proceso de mejoramiento de suelos se presenta como una técnica emergente que permite reducir los costes de tratamiento.

## **2.2. Bases Teóricas – Científicas**

### **2.2.1. El *Stypa Ichu* un bio – acumulador**

En el Perú los bosques y praderas andinas juegan un rol muy importante en los ambientes de alta montaña, debido a que son los principales almacenadores de agua y debido a la alta radiación solar permite una acumulación evidente de biomasa, siendo este último uno de los servicios ambientales fundamental porque permite la acumulación de carbono atmosférico, convirtiéndose en controlador del calentamiento global. (Huamaní Quispe, 2016). En la presente tesis tuvo como objetivo determinar el almacenamiento de carbono del Ichu en las praderas naturales Altoandinas, Lucanas-Puquio, Ayacucho y para esto fue necesario cuantificar el peso seco y fresco de la biomasa arbustiva, herbácea, raíz ,etc.; el método utilizado es el método destructivo y en el caso de biomasa arbustiva ,herbácea, por otro lado se tomara datos con el

método no destructivo por medio de fórmulas establecidas para el contenido de carbono en la tesis se utilizó la metodología dada por el IPCC (El Panel Intergubernamental del Cambio Climático) el cual nos indica como valor estándar al 0.50 para la determinación de la fracción de conversión. Como resultado se determinó que la cantidad carbono en biomasa arbustiva fue de hasta 8 93 t/ha, biomasa en raíces 0,4 t/a y carbono en el suelo con 44.42 t/ha. Por lo que se concluye que las praderas naturales alto andinas con especie de ichu en Lucanas contribuyen significativamente a la disminución del CO<sub>2</sub> en la atmosfera.

### **2.2.2. Principales especies de pastos naturales altoandinos. Condición y carga animal**

Los pastos altoandinos están formados por un grupo numeroso de plantas que pertenecen a las gramíneas, seudogramíneas, hierbas y arbustos, los cuales se diferencian por su apariencia o morfología. Dependiendo de la predominancia de estos grupos los pastos naturales altoandinos o pastizales se clasifican en tipos, que vienen a ser plantas de apariencia similar que abarcan un área determinada.

Así, se reconocen seis tipos de pastizal:

Pajonales, dominados por vigorosas gramíneas perennes, cespitosas de porte alto, conocidas comúnmente como “ichu”. Los géneros más representativos de esta comunidad de plantas son *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*. Entre las especies más conocidas tenemos a *Festuca dolichophylla* o “chilligua”, *Festuca weberbaueri*, *Calamagrostis antoniana* o “hatún pork’e”, *Calamagrostis recta*, *Stipa Ichu* “ichu”, *Stipa obtusa* o “tisña”.

Césped de puna; con predominio de plantas cespitosas de menor tamaño,

plantas arrosetadas (hojas muy juntas y pegadas a casi a ras del suelo), y plantas de porte almohadillado; representada por especies de los géneros *Pycnophyllum*, *Azorella*, *Aciachne*, *Werneria*. Especies más conocidas: *Pycnophyllum molle*, *Azorella diapiensoides* “pasto estrella”, *Calamagrostis vicunarum* “crespillo”.

### **2.2.3. *Stypa* Ichu Peruvian feathergrass (Ruiz & Pavón) Kunth**

#### **2.2.3.1. Categorías taxonómicas superiores:**

Reino: Plantae; Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares); Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas); División: Magnoliophyta (plantas con flor); Clase: Liliopsida (monocotiledóneas); Subclase: Commelinidae; Orden: Cyperales.

Enlaces a sitios con información sobre taxonomía y nomenclatura

La base de datos Tropicos del Missouri Botanical Garden informa sobre la publicación original y sinónimos. Tiene enlaces a los datos de distribución según los ejemplares depositados en este herbario, con la posibilidad de mapearlos. Para muchas especies tiene enlaces a floras y listas florísticas, así como imágenes de ejemplares de herbario, ejemplares en vivo y la descripción original.

Generalmente se encuentra la cita original de la especie en el International Plant Name Index (IPNI).

La base de datos PLANTS, del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, contiene información sobre la taxonomía, distribución de la especie en E.U.A., estatus y reglamentación como invasiva en su caso. También tiene ilustraciones y enlaces a

más bases de datos (p.ej. GRIN - Germplasm Resources Information Network, con abundante información).

No se encuentra en el SIIT (Sistema Integrado de Información Taxonómica) de CONABIO, que es la versión en español del ITIS (Integrated Taxonomic Information System), del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, ni en la base de datos del National Center for Taxonomy Information, National Institutes of Health, E.U.A.

### **2.2.3.2. Origen y distribución geográfica.**

#### **Área de origen**

Planta de alta montaña a lo largo de las cordilleras americanas desde México a Centroamérica, Colombia a Chile y Argentina (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

#### **Distribución en México**

Se conoce de San Luis Potosí y Veracruz hasta Chiapas (Rzedowski y Rzedowski, 2001; ver también sitio de Tropicos).

Estatus migratorio en México Nativo.

### **2.2.3.3. Identificación y descripción**

Descripción técnica Basada en Rzedowski y Rzedowski, 2001.

**Hábito y forma de vida:** Planta herbácea, amacollada, erguida y 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  $\pm$  1 mm de largo en el cuello, lígula membranácea de  $\pm$  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 híspida 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.

Enlaces con imágenes de ejemplares de herbario

El sitio de Trópicos con acceso a una imagen de un ejemplar de herbario.

Otros enlaces a sitios útiles para la identificación

Descripción en el World Grass Species del Jardín Botánico Real de Kew:

#### **2.2.3.4. Hábitat**

##### **a. Hábitat**

En claros de bosques y lugares perturbados, como orillas de caminos y parcelas, cultivos de alfalfa descuidados, pastizales secundarios.

### **b. Distribución por tipo de zonas bioclimáticas**

Bosque de pino-encino, praderas alpinas (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

### **c. Distribución altitudinal**

En el Valle de México de los 2300 a los 3400 m.

## **2.2.3.5. Biología y ecología**

### **a. Propagación, dispersión y germinación**

Se propaga por semillas; los frutos pueden volar a cierta distancia.

### **b. Ciclo de vida**

Planta perenne.

## **2.2.4. Biorremediación:**

Los procesos de biodegradación constan de un conjunto de técnicas o prácticas cuyo fin es estimular la degradación de contaminantes contribuyendo a la restauración del ecosistema mediante procesos biológicos.

Biorremediación es el uso de microorganismos para descomponer o degradar sustancias peligrosas en otras de carácter menos tóxicas o bien inocuas para el ambiente y la salud humana.

La degradación de los contaminantes es un proceso que se puede dar de forma natural por los microorganismos autóctonos de la zona contaminada. La restauración del sitio puede durar un largo período (años). Es un método de tratamiento in situ, no invasivo.

En nuestro estudio hay un conjunto de prácticas que utilizan los conceptos de los procesos naturales de biodegradación de contaminantes, y buscan

acelerar y/o potenciar dichos procesos.

El contaminante, en nuestro caso son los metales pesados y proveen electrones que los organismos usan para obtener energía. Otro rol que ejercen los microorganismos se basa en su habilidad para reducir la fitotoxicidad de los contaminantes.

La fitorremediación es una alternativa de remediación ambientalmente amigable, visualmente atractiva, y que no modifica sustancialmente la estructura del suelo (Kuiper et al 2004).

En términos de definición, la fitorremediación es el uso de plantas y sus microorganismos asociados para extraer, secuestrar, detoxificar, degradar, contener o tornar inocuos a los contaminantes en suelos o aguas. Las plantas y sus raíces influyen en la degradación por alteración de las condiciones químicas y físicas del mismo. La exploración del suelo por parte de las raíces pone en contacto a plantas, microorganismos y nutrientes, con los contaminantes. Una característica muy positiva adicional de la implementación de la fitorremediación es que una rápida recomposición de la cobertura vegetal permite la estabilización y protección de los suelos, disminuyendo el riesgo de ocurrencia de los procesos de erosión hídrica y eólica, característicos de la Patagonia extrandina, y de todas las zonas áridas y semiáridas del mundo.

La fitorremediación agrupa a una serie de procesos naturales que realizan las plantas para “limpiar” los sitios contaminados, que se basan principalmente en tres procesos: remover, inmovilizar o degradar al contaminante presente en el suelo. La combinación de ella junto a otros métodos biológicos podría solucionar algunos de los problemas

encontrados durante la aplicación de las técnicas por separado (Kuiper et al 2004). Las plantas y sus microorganismos asociados en el suelo pueden ser usados para la fitorremediación a través de diferentes mecanismos:

- **Fitoestabilización:** involucra el uso de plantas para contener o inmovilizar contaminantes en el suelo (absorción y acumulación por parte de las raíces, la adsorción hacia las superficies de la raíz, o precipitación dentro de la zona de la raíz).
- **Fitodegradación (fitotransformación o degradación directa):** involucra el rompimiento de la estructura de los contaminantes ya sea internamente, a través de los procesos metabólicos, o externamente, a través de la liberación de enzimas producidas por la planta en el suelo.
- **Fitovolatilización:** captación y transpiración de un contaminante por parte de la planta con posterior liberación a la atmósfera.
- **Fitoacumulación o fitoextracción:** es el uso de plantas para limpiar contaminantes a través de su acumulación en tejidos cosechables.
- **Rizorremediación (rizodegradación, biodegradación de la rizósfera, y biodegradación asistida de la planta):** destrucción de los contaminantes en el suelo como resultado de actividad microbiana que se refuerza en la presencia de la rizósfera.

Con la finalidad de poder interpretar claramente los términos utilizados en esta investigación, y debido a que aún algunos de estos términos se utilizan con diferentes interpretaciones según cada autor, indicamos en la sección anexo su significado en un glosario.

Las plantas y los microorganismos están involucrados directamente e indirectamente en la degradación o transformación de los contaminantes en productos que generalmente son menos tóxicos y con menor persistencia en el ambiente que el original. Las plantas y sus raíces influyen en la degradación por alteración de las condiciones químicas y físicas del suelo. La exploración del suelo por parte de las raíces pone en contacto a plantas, microorganismos y nutrientes, con los contaminantes. Pero por otro lado la fitorremediación tiene limitaciones en el marco de las condiciones de ambientes áridos y semiáridos en las que se encuentran en los suelos degradados de la laguna Yanamate, que son de importancia cuando se plantea la posibilidad de su uso. Sostienen que la técnica de la fitorremediación presenta algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta a la hora de su implementación a una escala comercial.

Estas son:

- Tiempo necesario para efectos aceptables: es más lenta que los métodos ex situ, ya que requiere un tiempo prolongado para limpiar el sitio (tiempos relativamente largos de tratamiento) especialmente con los contaminantes de metales pesados y sales. Por ello no es una solución apropiada donde hay riesgos inmediatos para la salud humana.
- Limitada profundidad del sistema radicular: la descontaminación ocurre a poca profundidad, coincidente con la de las raíces.
- Lento crecimiento de las plantas, la sensibilidad a algunos contaminantes. El problema de formar parte de una cadena trófica, aunque los metales si pueden acumularse.

- En gran cantidad en el tejido vegetal, puede haber potencialmente biomagnificación en la cadena trófica a través del consumo de plantas por parte de los animales. la dependencia sobre los cambios en el clima y la dormancia invernal.
- La limitada profundidad del sistema radicular es una característica de ambientes más húmedos, y/o de algunas especies vegetales de ambientes áridos y semiáridos de ciclo de vida anual, que crecen y se desarrollan durante el período en que el agua se encuentra disponible para su sistema radicular más superficial. La mayoría de las plantas perennes concentran la mayor proporción de su sistema radicular a una profundidad promedio de 30-50 cm, y los arbustos, el otro grupo de especies vegetales característico de estos ambientes, lo hacen a una profundidad mayor.
- La característica de lento crecimiento de las plantas de estos ambientes, garantizan su supervivencia. Debido a la escasez de agua, las plantas no podrían sostener una tasa de crecimiento elevada. A su vez, esta característica va unida a la baja concentración de nutrientes en el suelo, principalmente nitrógeno, necesario para la formación de tejido vegetal. Por lo tanto, esta adaptación de las especies vegetales en zonas áridas debe tenerse en cuenta a la hora de planificar trabajos de fitorremediación.
- Si el mecanismo por el cual una planta es fitorremediadora es la fitoacumulación o la fitodegradación, es decir, que el contaminante ingresa a la planta en su forma original o en un compuesto más simple, se corre el riesgo de incorporar al contaminante a la cadena

trófica, y de esta manera, afectar a distintos organismos consumidores. Una alternativa para que ello no ocurra es la utilización de especies que no sean consumidas por la fauna menor o el ganado. Algunas de las plantas en estos ambientes presentan compuestos químicos que inhiben su consumo. Estos compuestos son generalmente metabolitos secundarios, derivados de los metabolitos primarios, aunque más limitados en su distribución. Ejemplos de ellas son la presencia de metales pesados en plantas de crecimiento lento de zonas áridas.

- Respecto a la dependencia sobre los cambios en el clima y la dormancia invernal de las especies vegetales, las especies de ambientes áridos y semiáridos perennes, que son las utilizadas principalmente en tareas de revegetación en la cuenca del Golfo San Jorge, son del tipo siempre verdes, es decir, que permanecen todo el año con follaje debido a distintos mecanismos de tolerancia a las bajas temperaturas y la escasa disponibilidad de agua. Ejemplo de ello son *Atriplex lampa*, *A. sagittifolia*, *Lycium chilensis*, *Grindelia chiloensis*, *Colliguaya integerrima* y *Scenecio filaginoides*, estas tres últimas no consumidas por el ganado.

- Las tecnologías que utilizan los principios de la fitorremediación, y que son útiles para tratar una gran variedad de contaminantes, han sido evaluadas en nuestro país casi exclusivamente a escala de laboratorio para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados y salinos de petróleo. La comprensión científica de estos fenómenos complejos y del papel que los microorganismos y los

distintos sistemas biológicos desempeñan en ellos es esencial para revertir los daños que pueden ocasionar los distintos tipos de contaminación

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

#### **A. Contaminación del Agua**

Entre los factores que generan contaminación debe al crecimiento de la industria metalúrgica; debido a la adición de cualquier sustancia en cantidad suficiente para que cause efectos dañinos en la flora, la fauna (incluido el humano)

#### **B. Contaminantes químicos**

Incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua. Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos.

Otros contaminantes como los metales pesados (Plomo, cadmio, mercurio), ciertos plaguicidas, los cianuros, los hidrocarburos, el arsénico y el fenol provocan prácticamente la destrucción de los ecosistemas acuáticos y también serios daños a las personas que consuman agua o sus productos contaminados por esta clase de productos químicos.

La acumulación de contaminantes en los lagos, ríos y mares provoca diferentes efectos en sus características físicas, químicas y biológicas de diferente manera, en casos como los de algunas partículas sedimentables o de colores sus efectos son limitados o de pocas consecuencias y en otros casos como el cambio de temperatura o putrefacción de materia orgánica causa efectos



dañinos transitorios pero severos.

### **C. Medio Ambiente Receptor**

El motivo para realizar el muestreo y el monitoreo de la calidad del agua es garantizar la protección del medio ambiente natural local. El medio ambiente receptor de aguas superficiales en el área de influencia de una mina se refiere a todos los cursos naturales de agua que dicha mina afecta. Generalmente, estos son los ríos superficiales, corrientes, lagos o sierras pantanosas en el área.

### **D. Toxicidad y origen de los metales pesados**

Para llevar a cabo sus reacciones metabólicas los seres vivos requieren un gran número de metales pesados a niveles traza, sin embargo, éstos pueden llegar a ser tóxicos cuando no son metabolizados por el organismo y en los tejidos, pudiendo acumularse en el cuerpo humano.

El origen y efectos de los metales pesados plomo son brevemente descritos a continuación:

### **E. Plomo**

Metal muy tóxico que origina una gran variedad de efectos perjudiciales, incluso a dosis muy bajas. Tiene un gran potencial de bioacumulación y permanece durante mucho tiempo contaminando el ambiente.

### **F. Métodos de remoción de metales pesados en solución acuosa**

Para eliminar metales pesados de efluentes líquidos se han empleado diferentes tecnologías como la coagulación-floculación, precipitación química, electrodiálisis, osmosis inversa, oxidación-reducción, filtración, intercambio iónico.

El intercambio iónico se ha aplicado en la remoción de metales en residuos acuosos provenientes de las industrias metalúrgicas. Los materiales para

intercambio iónico más empleados son las resinas poliméricas, las zeolitas naturales y sintéticas y arcillas. Donde las disoluciones con una alta concentración de metales pesados pueden emplearse algunas de las tecnologías mencionadas anteriormente; sin embargo, cuando las concentraciones son bajas (100 mg/L) se requieren métodos más económicos y eficaces como es el proceso de adsorción.

Actualmente la adsorción es generalmente utilizada para la remoción de metales pesados presentes en aguas potables y en descargas residuales municipales e industriales. La adsorción es un fenómeno superficial que implica la acumulación o concentración de una sustancia en una superficie, siendo la sustancia que se adsorbe el adsorbato y la fase donde ocurre la adsorción el adsorbente.

La mayor ventaja de la adsorción es su efectividad en la reducción de la concentración de metales pesados a niveles muy bajos usando materiales biosorbentes de bajo costo.

## **G. Mecanismos de resistencia a los metales pesados**

Las plantas que crecen en medios contaminados han desarrollado mecanismos de tolerantes a dichos ambientes, los cuales se clasifican dentro de dos categorías:

### **a. Exclusión**

Implica la formación de compuestos bioquímicos en el medio ambiente o en la pared celular de las plantas; precipitando los metales al exterior a través de secreciones y otros compuestos orgánicos.

### **b. Inclusión y Acumulación**

Comprende la captura en el interior de las células donde no tiene efectos

tóxicos como en la vacuola y la pared celular; detoxificación interna de los metales a través de la incorporación de proteínas, ácidos orgánicos, histidina y péptidos ricos en grupos tiol denominado fitoquelatinas.

#### **H. Adsorción**

Adsorción se utiliza para referirse a la captación de metales que lleva a cabo una biomasa, a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico.

#### **I. 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.

#### **J. 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.

#### **K. Fitorremediación**

El término fitorremediación hace referencia a una serie de tecnologías que se basan en el uso de plantas para limpiar o restaurar ambientes contaminados, como aguas, suelos, e incluso aire.

#### **L. Impacto Ambiental**

Es el efecto que la acción del hombre o de la naturaleza causa en el ambiente natural y social. Puede ser positivo o negativo.

#### **M. Medio ambiente**

Definido como el sistema de elementos naturales, artificiales o inducidos por el hombre – físicos, químicos y biológicos – que propician la existencia,

transformación y desarrollo de organismos vivos.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Es la especie de *Stypa ichu* es una planta acumuladora de absorción de metales de Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso en los suelos no degradados y degradados de la laguna Yanamate.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- La concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso es significativa en la especie de *Stypa Ichu* en el área de suelos no degradados de la Laguna Yanamate.
- La concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso es significativa en la especie de *Stypa Ichu* en el área de suelos degradados de la Laguna Yanamate.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variable Independiente**

Especie *Stypa Ichu*.

### **2.5.2. Variable Dependiente**

Concentración de metales como: calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso.

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

**2.6.1. Variable 1: Planta Stypa Ichu**

*Tabla 1: Variable Independiente*

| <b>VARIABLE</b>   | <b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b> | <b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>                   | <b>INDICADOR</b> | <b>UNIDAD DE MEDIDA</b> |
|-------------------|------------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Planta Stypa Ichu | Especie oriunda de la Sierra | Es el medio en el cual se mediarán los valores. | Especie Nativa   | Especie (planta)        |

**Fuente:** Elaboración propia

**2.6.2. Variable 2: Absorción de metales**

*Tabla 2: Variable Dependiente*

| <b>VARIABLE</b>      | <b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>                              | <b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>       | <b>INDICADORES</b> |                    | <b>UNIDAD DE MEDIDA</b> |
|----------------------|---|-------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| Absorción de metales | Es la respuesta de concentración que tiene el laboratorio | Nivel de concentración de absorción | Metales            | Ca, Mg, K, Na      | Porcentaje              |
|                      |   |                                     |                    | Cd, Pb, Cu, Fe, Zn | Ppm                     |

**Fuente:** Elaboración propia

## **CAPITULO III**

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

#### **3.1. Tipo de investigación**

De acuerdo a la naturaleza de nuestra temática de investigación, nuestro estudio es de tipo descriptivo porque observará en la realidad como se presentan y relacionan las variables intentando establecer una comparación objetiva entre éstas.

#### **3.2. Métodos de investigación**

La metodología para la elección de la toma de muestras se realizó tomando en cuenta como criterio a aquellas zonas disturbadas producto por la actividad minera y no disturbadas sobre las especies de *Stypa Ichu* del contorno de la laguna Yanamate.

##### **3.2.1. Trabajo de Campo:**

En esta etapa se evalúa sobre las especies *Stypa Ichu* del contorno del suelo de la laguna Yanamate la cual se desarrollará el estudio de

investigación:

- Reconocimiento sobre la toma de muestra a desarrollarse sobre las especies *Stypa Ichu* del contorno del suelo de la laguna Yanamate.
- Recolección de muestra al azar de las muestras de la especie *Stypa Ichu* de los contornos de suelo de la laguna Yanamate.

### **3.2.2. Trabajo de Gabinete:**

Esta etapa se desarrolla la obtención de resultados e interpretación de las muestras recolectadas serán trasladadas al laboratorio, donde serán procesadas las muestras de la planta, en los recipientes plásticos de 1 kilogramo para la interpretación final que se busca en esta presente investigación.

### **3.3. Diseño de la Investigación**

El Diseño de investigación es el diseño no experimental porque se realizó el análisis comparativo de la adsorción del plomo total en la especie de *Stypa Ichu* del contorno del suelo de la laguna Yanamate transversal empleándose los métodos de análisis de laboratorios

### **3.4. Población y muestra**

#### **3.4.1. Población**

Especies de *Stypa Ichu* en la flora existentes en el contorno de la laguna Yanamate.

#### **3.4.2. Muestra**

Especie de *Stypa Ichu*. en el contorno del suelo de la laguna Yanamate tomadas al azar (muestras de la zona disturbada y muestras de la zona no disturbada).

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

#### **3.5.1. Selección y toma de muestra**

La toma de muestra se ubicó, específicamente lugares donde existe contaminación y en lugares donde no existe contaminación.

#### **3.5.2. Métodos y técnicas de recolección de datos**

Instrumentos de recolección de datos

- Cámara fotográfica.
- Recipientes para tomar muestras de las especies *Stypa Ichu* para el análisis químico en el laboratorio.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### **3.6.1. 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.

#### **3.6.2. Interpretación de datos:**

Una vez ordenados los datos se pasó a interpretarlos de acuerdo con la realidad del estudio.

### **3.7. Tratamiento estadístico**

Se empleará el software Microsoft Excel que sirvió para el almacenamiento de datos obtenidos del campo, su posterior análisis y resultados obtenidos sirvieron para la elaboración de los cuadros y resultados correspondientes.

### **3.8. Selección validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

La selección se realizó, debido a la preocupación de cuanto absorbió la planta de *stypa ichu*, en el siguiente capítulo mostrando la validación y confiabilidad de la



muestra de la planta *Stypa ichu*, mediante los análisis del laboratorio de suelo, aguas y Ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

### **3.9. Orientación ética**

El trabajo de investigación estuvo orientado a realizar los análisis de campo tomando en cuenta los procedimientos establecidos de toma de muestra, siendo de importancia la fase del estudio, ya que se analizará los resultados de los datos obtenidos del laboratorio, teniendo como finalidad de describir cuanto es la concentración de metales que tiene el recurso natural (planta) en las zonas disturbadas y no disturbada.

Así mismo de poder proponer soluciones a los problemas ambientales que vienen afectando a la zona de la laguna Yanamate, brindando alternativas de solución frente a la problemática, y así esta investigación pueda servir de base para iniciar un proyecto de inversión pública.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

Los trabajos en campo partieron de la extracción de las muestras del punto interno (suelo degradado) y muestras del punto externo (suelo no degradado) de la Laguna Yanamate, con estas muestras respectivas se procedió a enviar al laboratorio de análisis de suelo, aguas y Ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para finalmente obtener los resultados

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

Estos resultados Obtenidos de los resultados, fue procedido por el Método de EAA VARIAN ALEMANIA de los metales de: Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso

**4.2.1. Resultados de los análisis en base seca de las muestras de Stypa Ichu de los suelos disturbados y no disturbados de la laguna Yanamate**

**a. Absorción en las Hojas de las muestras de Stypa Ichu**

Los análisis de absorción de las hojas de las plantas de las muestras de los suelos disturbados (D) y no disturbados (ND), obtenemos que se muestra en la Tabla No.3:

**Tabla 3: Resultados de Absorción de las Hojas de las muestras de Stypa Ichu**

| DATOS DE LA MUESTRA |      |            | RESULTADO EN BASE SECA |        |       |        |                         |        |        |        |        |        |
|---------------------|------|------------|------------------------|--------|-------|--------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Stypa ichu          |      |            | PORCENTAJE (%)         |        |       |        | PARTES POR MILLON (ppm) |        |        |        |        |        |
| Código              | Tipo | Referencia | Ca (%)                 | Mg (%) | K (%) | Na (%) | Cd ppm                  | Pb ppm | Cu ppm | Fe ppm | Zn ppm | Mn ppm |
| ME2019_0114         | Hoja | ND         | 0.16                   | 0.10   | 0.08  | 0.07   | 0.18                    | 3.90   | 4      | 447    | 9      | 29     |
| ME2019_0118         | Hoja | D          | 0.11                   | 0.05   | 0.08  | 0.17   | 0.90                    | 7.92   | 8      | 227    | 3      | 11     |

**Fuente:** Laboratorio de suelo, aguas y Ecotoxicología –UNAS

**Interpretación:** Podemos Determinar mediante la comparación entre los suelos disturbados y los no disturbados. Las hojas del Stypa Ichu Absorben el Na, Cd, Pb y Cu, en zonas disturbados en una mayor cantidad que las de la zona no disturbada. De otra manera las hojas del Stypa Ichu Absorben el Ca, Mg, Fe, Zn y Mn en zonas no disturbadas en una mayor cantidad que las de la zona disturbada. Por otra parte, el potasio “K” tiene un mismo valor de adsorción en la zona disturbada y no disturbada.

**b. Absorción en los tallos de las muestras de Stypa Ichu**

Los análisis de absorción de los tallos de las plantas de las muestras de los suelos disturbados (D) y no disturbados (ND), obtenemos que se muestra en la Tabla No.4.

**Tabla 4: Resultados de Absorción de los Tallos de las muestras de Stypa Ichu**

| DATOS DE LA MUESTRA |       |            | RESULTADO EN BASE SECA |        |       |        |                         |        |        |        |        |        |
|---------------------|-------|------------|------------------------|--------|-------|--------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Stypa ichu          |       |            | PORCENTAJE (%)         |        |       |        | PARTES POR MILLON (ppm) |        |        |        |        |        |
| Código              | Tipo  | Referencia | Ca (%)                 | Mg (%) | K (%) | Na (%) | Cd ppm                  | Pb ppm | Cu ppm | Fe ppm | Zn ppm | Mn ppm |
| ME2019_0115         | Tallo | ND         | 0.14                   | 0.13   | 0.41  | 0.11   | 0.11                    | 4.75   | 6      | 1288   | 12     | 76     |
| ME2019_0119         | Tallo | D          | 0.13                   | 0.12   | 0.87  | 0.33   | 0.34                    | 3.66   | 29     | 820    | 50     | 26     |

**Fuente:** Laboratorio de suelo, aguas y Ecotoxicología –UNAS

**Interpretación:** Podemos Determinar mediante la comparación entre los suelos disturbados y los no disturbados. Los tallos del Stypa Ichu Absorben el K, Na, Cd, Cu, Zn en zonas disturbados en una mayor cantidad que las de la zona no disturbada. De otra manera los tallos del Stypa Ichu Absorben el Ca, Mg, Pb, Fe y Mn en zonas no disturbadas en una mayor cantidad que las de la zona disturbada

**c. Absorción en las raíces de las muestras de Stypa Ichu**

Los análisis de absorción de las raíces de las plantas de las muestras de los suelos disturbados (D) y no disturbados (ND), obtenemos que se muestra en la Tabla No.5.

**Tabla 5: Resultados de Absorción de las raíces de las muestras de Stypa Ichu**

| DATOS DE LA MUESTRA |      |            | RESULTADO EN BASE SECA |        |       |        |                         |        |        |        |        |        |
|---------------------|------|------------|------------------------|--------|-------|--------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                     |      |            | PORCENTAJE (%)         |        |       |        | PARTES POR MILLON (ppm) |        |        |        |        |        |
| Stypa ichu          |      |            |                        |        |       |        |                         |        |        |        |        |        |
| Código              | Tipo | Referencia | Ca (%)                 | Mg (%) | K (%) | Na (%) | Cd ppm                  | Pb ppm | Cu ppm | Fe ppm | Zn ppm | Mn ppm |
| ME2019_0116         | Raíz | ND         | 0.42                   | 0.15   | 0.01  | 0.04   | 1.05                    | 3.16   | 10     | 931    | 77     | 117    |
| ME2019_0120         | Raíz | D          | 0.27                   | 0.12   | 0.18  | 0.12   | 8.86                    | 4.97   | 104    | 2376   | 356    | 65     |

**Fuente:** Laboratorio de suelo, aguas y Ecotoxicología –UNAS

**Interpretación:** Podemos Determinar mediante la comparación entre los suelos disturbados y los no disturbados. Las Raíces del Stypa Ichu Absorben el Ca, K, Na, Cd, Pb, Cu, Fe y Zn en zonas disturbados en una mayor cantidad que las de la zona no disturbada. De otra manera los tallos del Stypa Ichu Absorben el Mg y Mn en zonas no disturbadas en una mayor cantidad que las de la zona disturbada

#### **d. Absorción en las semillas de las muestras de Stypa Ichu**

Los análisis de absorción de las semillas de las plantas de las muestras de los suelos disturbados (D) y no disturbados (ND), obtenemos que se muestra en la Tabla No.6.

**Tabla 6: Resultados de Absorción de las raíces de las muestras de Stypa Ichu**

| DATOS DE LA MUESDTRA |         |            | RESULTADO EN BASE SECA |        |       |        |                         |        |        |        |        |        |
|----------------------|---------|------------|------------------------|--------|-------|--------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                      |         |            | PORCENTAJE (%)         |        |       |        | PARTES POR MILLON (ppm) |        |        |        |        |        |
| Stypa ichu           |         |            | Ca (%)                 | Mg (%) | K (%) | Na (%) | Cd ppm                  | Pb ppm | Cu ppm | Fe ppm | Zn ppm | Mn ppm |
| Código               | Tipo    | Referencia | Ca (%)                 | Mg (%) | K (%) | Na (%) | Cd ppm                  | Pb ppm | Cu ppm | Fe ppm | Zn ppm | Mn ppm |
| ME2019_0117          | Semilla | ND         | 0.23                   | 0.11   | 0.10  | 0.15   | 3.41                    | 0.26   | 5      | 882    | 7      | 67     |
| ME2019_0121          | Semilla | D          | 0.11                   | 0.03   | 0.04  | 0.21   | 0.91                    | 3.63   | 10     | 684    | 3      | 48     |

**Fuente:** Laboratorio de suelo, aguas y Ecotoxicología –UNAS

**Interpretación:** Podemos Determinar mediante la comparación entre los suelos disturbados y los no disturbados. Las Semillas del Stypa Ichu Absorben el Na, Pb y Cu en zonas disturbados en una mayor cantidad que las de la zona no disturbada. De otra manera los tallos del Stypa Ichu Absorben el Ca, Mg, K, Cd, Fe, Zn y Mn en zonas no disturbadas en una mayor cantidad que las de la zona disturbada

#### 4.3. Prueba de Hipótesis

Con relación a la hipótesis general (Es la especie de Stypa ichu es una planta acumuladora de absorción de metales de Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeseo en los suelos no degradados y degradados de la laguna Yanamate) sobre la acumulación de metales podemos afirmar y concluir en base a la investigación realizada que, si es una especie de planta que cumple ese fin y por su gran resistencia al adaptarse fácilmente en suelos disturbados, como también en suelos no disturbados.

#### 4.4. Discusión de resultados

Del análisis obtenido, podemos decir que con más incidencia de absorción en la planta de *Stypa Ichu* en la Zona Disturbada es el metal de Sodio “Na” y Cobre “Cu” y en la Zona no Disturbada, su absorción es de los metales de Magnesio “Mg” y Manganeseo “Mn”. Presentado en la Tabla N° 7

**Tabla 7: Comparación entre la absorción de metales en mayor cantidad vs partes de la planta**

| Partes de la planta | Absorción de metales en mayor cantidad |                                |
|---------------------|--|--------------------------------|
|                     | No disturbado                          | Disturbado                     |
| <b>Hoja</b>         | Ca, Mg, Fe, Zn y Mn                    | Na, Cd, Pb y Cu                |
| <b>Tallo</b>        | Ca, Mg, Pb, Fe y Mn                    | K, Na, Cd, Cu, Zn              |
| <b>Raíz</b>         | Mg y Mn                                | Ca, K, Na, Cd, Pb, Cu, Fe y Zn |
| <b>Semilla</b>      | Ca, Mg, K, Cd, Fe, Zn y Mn             | Na, Pb y Cu                    |

**Fuente:** Elaboración Propia

**Nota:** La Absorción del potasio “K” en la hoja es la misma cantidad del suelo no disturbado que la disturbada.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que las muestras de la planta *Stypa Ichu* es capaz de adaptarse a cualquier en suelo contaminado por metales pesados. Sobre todo, en los alrededores de la Laguna. Que a su vez muestra que hay un alto contenido de Sodio “Na” y Cobre “Cu” en los puntos tomados (zona disturbada).
2. De las muestras tomadas en las zonas No disturbadas podemos mencionar que en el suelo hay grandes concentraciones de Manganeso “Mn” y Magnesio “Mg”.
3. La capacidad de la influencia de la absorción de la planta del *Stypa Ichu* se ven correlacionado a la concentración de metales pesados en el suelo. No es significativo si esta disturbado o no, almacenando estos metales en la planta.



## **RECOMENDACIONES**

- 1.** Se recomienda seguir realizando el monitoreo de los metales pesados con esta planta del *Stypa Ichu*. Por parte de las autoridades regionales y locales, y, proyecciones de la remediación del ambiente de la laguna Yanamate.
- 2.** Se tenga precaución en la expansión de la concentración de los metales de la laguna hacia la fauna de las áreas aledañas, situación ante este problema es necesario acción preventiva por las autoridades.
- 3.** Usar la planta del *Stypa Ichu* para realizar los tratamientos respectivos y el aprovechamiento de esta bio- adsorción, para evitar la distribución de estos metales hacia los suelos no disturbados

## BIBLIOGRAFÍA

- Abigail Dextre Rubina “Acumulación de metales pesados en *Senecio rufescens* DC. en dos lagunas altoandinas de las regiones de Lima y Junín, Perú”. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Lima – Perú. 2017.
- Adelia Mercedes Torres Saavedra “factor de bioconcentración y traslocación de especies altoandinas para suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de mesapata, en condiciones de invernadero, 2015 - 2016” Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Ancash – Perú. 2018
- July Estefany Picoy Santiago “Tratamiento de la contaminación de los suelos de la Laguna de Yanamate empleando la tecnología de la fitorremediación” Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco. 2016
- BRADSHAW, A.D. y McNEILLY (1985). Evolución y Contaminación. Ed. Omega. 82 p.
- CLUIS, C. (2004). Junk-greedy greens: phytoremediation as a new option for soil decontamination. *Bio. Tech. Journal* 2, 60–67.
- García Martínez, I. 2005. Estudio de asimilabilidad de Zn, Cd y Cu en suelos contaminados por residuos mineros. Proyecto fin de Carrera, Universidad de Murcia.
- GUEVARA, R., GONZALES, J. y SANOJA, E. (2005). Vegetación pionera sobre rocas, un potencial biológico para la revegetación de áreas degradadas por la minería de hierro. *Interciencia* 30(10).
- Hernandez Sampien R, Fernandez Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. Mexico. 2da edición. Editorial MC Graw Hill; 2000.

- Huamaní Quispe, L. (2016). Almacenamiento de Carbono del Ichu *Stypa Ichu* en las Praderas Naturales Altoandinas de Lucanas, Puquio –Ayacucho. 2016. Almacenamiento de Carbono del Ichu *Stypa Ichu* en las Praderas Naturales Altoandinas de Lucanas, Puquio –Ayacucho. 2016. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo
- Jorge Luis Luque “Desempeño de cuatro especies vegetales para fitorremediar suelos contaminados con hidrocarburos en Patagonia”. Univ. Maimónides: Hidalgo. Buenos Aires, Argentina. Mayo 2009.
- LABOR, (2009) Evaluación de la calidad de los recursos hídricos en la Provincia de Pasco y de la salud en el centro poblado de paragsha.
- Maturana, H., Oyarzún, J., Pasieczna, A. y Paulo, A. (2001). Geoquímica de los sedimentos del río Elqui (Coquimbo, Chile): manejo de relaves y cierre de minas. VII Congreso Argentino de Geología Económica, Actas 2, pp. 155-161.
- María Eugenia Guerrero Useda y Vanessa Pineda Aceve: “Contaminación del suelo en la zona minera de Rasgatá Bajo” (Tausa). Modelo conceptual. 29 de febrero de 2016
- Paola Andrea Durán Cuevas “Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral catalana” Universidad de Barcelona. 2010.
- Pérez Carrera A, Fernández Cirelli A. Fitotecnologías para la remoción de As en aguas. XXI Congreso Nacional del Agua. San Miguel de Tucumán, Argentina. 2007.
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

- SABAJ V. Extracción De Juncos (*Schoenoplectus Californicus*) En El Área Protegida Humedales De la Santa Lucia (Uruguay): Contexto Ecológico, Socio espacial Y Perspectivas De Manejo Sustentable. [Tesis De Maestría En Ciencias Ambientales] Uruguay: Universidad De La República. MONTEVIDEO; 2012
- WILLIAMSON, N.A., JOHNSON, M.S. y BRADSHAW, A.D. (1982). Mine Wastes Reclamation. Mining Journal Books. London. 103p. Williamson et al. 1982).
- WONG, M. H. (2003). Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere* 50: 775-780.

**ANEXO N° 01**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Título: Análisis de absorción de metales en la planta Stypa Ichu en las zonas no disturbado y disturbado del suelo de la Laguna Yanamate-Pasco.**

| <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>  | <b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b>   | <b>HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN</b>  | <b>VARIABLES DE ESTUDIO</b>  | <b>INDICADORES</b>  |
|--|--|--|--|---|
| <i>P.P.</i>  | <i>O.G.</i>  | <i>H.G.</i>  | <i>Dependiente:</i>  |   |
| <p><b>¿Cuál será la concentración de absorción de metales de Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso total en la especie de Stypa Ichu en los suelos no degradados y degradados de la laguna Yanamate?</b></p> | <p>Determinar la concentración de absorción de metales de Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso total en la especie de Stipa en los suelos no degradados y degradados de la laguna Yanamate.</p> | <p>Es la especie de Stypa ichu es una planta acumuladora de absorción de metales de Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso en los suelos no degradados y degradados de la laguna Yanamate</p> | <p>Concentración de metales como: calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso.</p> | <p>N° de metales determinados</p>   |
| <i>P.E.</i>  | <i>O.E.</i>  | <i>H.E.</i>  | <i>Independiente</i>   |   |
| <p><b>¿Cuál es la concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso en la especie de Stypa</b></p>  | <p>Determinar la concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio,</p>   | <p>La concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso es significativa en la especie de</p>   | <p>Especie Stypa Ichu.</p>   | <p>Concentración de absorción de metales en la especie Stypa Ichu en suelos no degradados</p> |

|   |   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
| <p><b>Ichu en el área de suelos no degradados de la Laguna Yanamate?</b></p>  | <p>plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso en la especie de Stypa Ichu. en el área de suelos no degradados de la Laguna Yanamate.</p>  | <p>Stypa ichu en el área de suelos no degradados de la Laguna Yanamate.</p>   |  |  |
| <p><b>¿Cuál es la concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso en la especie de Stypa Ichu en el área de suelos degradados de la Laguna Yanamate?</b></p> | <p>Determinar la concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso en la especie de Stypa Ichu. en el área de suelos degradados de la Laguna Yanamate.</p> | <p>La concentración de absorción de metales de calcio, magnesio, potasio, sodio cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso es significativa en la especie de Stypa ichu en el área de suelos degradados de la Laguna Yanamate</p> |  | <p>Concentración de absorción de metales en la especie Stypa Ichu en suelos degradados</p> |

*Fuente: Elaboración propia*

## ANEXO N° 02

### INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### Ilustración 1: Ubicación de las zonas Disturbadas y Zonas



Fuente: Google Earth

**Tabla 8: Coordenadas de extracción de muestras: Especie de *Stypa Ichu*, donde exista contaminante y no exista contaminante**

| PUNTOS INTERNOS (Zonas Disturbadas)    |             |             |             |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Punto 1                                | Punto 2     | Punto 3     | Punto 4     |
| -10.7199389                            | -10.7201778 | -10.719725  | -10.7193194 |
| -76.2499028                            | -76.2503694 | -76.25155   | -76.2516556 |
| PUNTOS EXTERNOS (Zonas No Disturbadas) |             |             |             |
| Punto 5                                | Punto 6     | Punto 7     | Punto 8     |
| -10.7235361                            | -10.7248194 | -10.7258806 | -10.7265333 |
| -76.2455583                            | -76.2456694 | -76.2461444 | -76.2476194 |

Fuente: Elaboración Propia

En los puntos mencionados utilizamos instrumentos de recolección de datos, tales como:

- Cámara fotográfica.
- Recipientes para tomar muestras de las especies *Stypa Ichu* para el análisis químico en el laboratorio

## ANEXO N°03

Ilustración 2: Informe de análisis de muestra laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Ecotoxicología



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología  
 Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - Celular 941531359  
 analisisdesuelosunas@hotmail.com

**ANALISIS ESPECIAL**

| SOLICITANTE         |         |               | YONATAN RICAPA ATENCIO |                      |             |                      | PROCEDENCIA             |                                   |        |        |       | PASCO  |                         |        |        |        |        |        |
|---------------------|---------|---------------|------------------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------|--------|-------|--------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DATOS DE LA MUESTRA |         |               | ANALISIS PROXIMAL      |                      |             |                      | RESULTADOS EN BASE SECA |                                   |        |        |       |        |                         |        |        |        |        |        |
|                     |         |               | Humedad Hd (%)         | EN BASE HUMEDA       |             | EN BASE SECA         |                         | PORCENTAJE (%)                    |        |        |       |        | PARTES POR MILLON (ppm) |        |        |        |        |        |
| Código              | Tipo    | Referencia    |                        | Materia Organica (%) | Cenizas (%) | Materia Organica (%) | Cenizas (%)             | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%) | Ca (%) | Mg (%) | K (%) | Na (%) | Cd ppm                  | Pb ppm | Cu ppm | Fe ppm | Zn ppm | Mn ppm |
| ME2019_0114         | HOJA    | Punto externo | 5.17                   | 90.36                | 4.47        | 95.28                | 4.72                    | 0.17                              | 0.16   | 0.10   | 0.08  | 0.07   | 0.18                    | 3.90   | 4      | 447    | 9      | 29     |
| ME2019_0115         | TALLO   | Punto externo | 5.59                   | 89.14                | 5.27        | 94.42                | 5.58                    | 0.20                              | 0.14   | 0.13   | 0.41  | 0.11   | 0.11                    | 4.75   | 6      | 1288   | 12     | 76     |
| ME2019_0116         | RAIZ    | Punto externo | 5.51                   | 87.59                | 6.90        | 92.70                | 7.30                    | 0.15                              | 0.42   | 0.15   | 0.01  | 0.04   | 1.05                    | 3.16   | 10     | 931    | 77     | 117    |
| ME2019_0117         | SEMILLA | Punto externo | 5.65                   | 87.30                | 7.05        | 92.53                | 7.47                    | 0.41                              | 0.23   | 0.11   | 0.10  | 0.15   | 3.41                    | 0.26   | 5      | 882    | 7      | 67     |
| ME2019_0118         | HOJA    | Punto interno | 6.20                   | 90.21                | 3.59        | 96.18                | 3.82                    | 0.09                              | 0.11   | 0.05   | 0.08  | 0.17   | 0.90                    | 7.92   | 8      | 227    | 3      | 11     |
| ME2019_0119         | TALLO   | Punto interno | 5.27                   | 90.69                | 4.04        | 95.73                | 4.27                    | 0.13                              | 0.13   | 0.12   | 0.87  | 0.33   | 0.34                    | 3.66   | 29     | 820    | 50     | 26     |
| ME2019_0120         | RAIZ    | Punto interno | 5.80                   | 89.55                | 4.64        | 95.07                | 4.93                    | 0.10                              | 0.27   | 0.12   | 0.18  | 0.12   | 8.86                    | 4.97   | 104    | 2376   | 356    | 65     |
| ME2019_0121         | SEMILLA | Punto interno | 6.59                   | 89.56                | 3.85        | 95.88                | 4.12                    | 0.25                              | 0.11   | 0.03   | 0.04  | 0.21   | 0.91                    | 3.63   | 10     | 684    | 3      | 48     |

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

TINGO MARIA, 25 DE MAYO DEL 2019

RECIBO N° 0574985

VND. VALOR NO DETECTABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS

*[Firma]*  
 Ing° Luis G. Mansilla Minaya  
 JEFE



Fuente: Laboratorio de suelo, aguas y Ecotoxicología –UNAS



**ANEXO N°04**

**PANEL FOTOGRÁFICO**

*Ilustración 3: Fotografía panorámica de la laguna Yanamate*



**Fuente:** LABOR, 2009

*Ilustración 4: Suelo de los alrededores (zona disturbada) de la Laguna Yanamate*



**Fuente:** Fotografía Propia

*Ilustración 5: Ejemplar de la Stypa Ichu*



**Fuente:** Fotografía Propia

*Ilustración 6: Selección al azar de las muestras del Stypa Ichu*



**Fuente:** Fotografía Propia

*Ilustración 7: Extracción del ejemplar de la Stypa Ichu*



**Fuente:** Fotografía Propia

*Ilustración 8: Zona No Disturbada*



**Fuente:** Fotografía Propia

*Ilustración 9: Stypa Ichu en procedimientos para enviar al laboratorio*



**Fuente:** Fotografía Propia

*Ilustración 10: Clasificación de las hojas, tallos, raíces y Semilla, para enviar al laboratorio*



**Fuente:** Fotografía Propia

*Ilustración 11: Clasificación de las hojas, tallos, raíces y Semilla, para enviar al laboratorio*



**Fuente:** Fotografía Propia

*Ilustración 12: Pesaje de forma individual de las hojas, tallos, raíces y semilla, para en análisis de: Calcio, Magnesio, potasio, Sodio Cadmio, Plomo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso*



**Fuente:** Fotografía Propia