

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

**Absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en suelos  
disturbados y no disturbados en la zona de la Laguna Yanamate, con  
la finalidad de realizar una remediación ambiental**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor : Bach. Nathaly Rosa GOMEZ TIMOTEO**

**Asesor : Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN**

**Cerro de Pasco – Perú - 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

**Absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en suelos disturbados y no disturbados en la zona de la Laguna Yanamate, con la finalidad de realizar una remediación ambiental**

**Sustentada y aprobada ante los miembros de jurados:**

---

Mg. Eusebio ROQUE HUAMAN  
PRESIDENTE

---

Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA  
MIEMBRO

---

Mg. Anderson MARCELO MANRIQUE  
MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

A nuestro padre celestial por la vida que nos regala cada día.

A mis padres, por ser la fuerza que me impulsa ser una mejor persona con principios de superación, siendo esta la base de todas las metas que debo cumplir en esta vida.

A mi abuelito, porque siempre me dio su amor incondicional para ser una buena profesional que nuestro padre celestial lo tenga en su gloria.

## **RECONOCIMIENTO**

A mi hermana por sus consejos y apoyo para seguir adelante en cada etapa de mi vida.

A mi hijo por ser mi motivación a seguir luchando por mis sueños.

A mi esposo porque ahora caminamos siempre de la mano para seguir adelante con la venia de Dios.

A mi casa de estudio UNDAC que me acogió y me formo para ser una buena profesional.

A mi asesor, por la paciencia y apoyo en cada etapa de mi trabajo de Investigación.

A mis jurados, por el aporte con las correcciones que me ayudaron a mejorar mi trabajo de investigación.

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en la laguna Yanamate, donde el interés del trabajo de investigación es determinar el comportamiento del crecimiento de la planta *Senecio collinus* en los suelos disturbados y no disturbados del área de influencia directa de la laguna, para luego determinar y estudiar la composición presente en ella sobre la absorción de elementos fisicoquímicas y químicas.

La importancia también radica cuando se realice la remediación de estos suelos disturbados se pueda aprovechar el uso de tecnología de la fitorremediación con la finalidad de dar solución a este problema y utilizar las especies nativas que se desarrollan en estos suelos como es el caso de la planta del *Senecio collinus*.

La planta del *Senecio collinus* es una planta muy resistente a las condiciones actuales del lugar, y a la calidad del suelo de la laguna Yanamate, al sacar los ejemplares de los suelos disturbados muestra un buen crecimiento de la raíz, buena consistencia de los tallos y las hojas, datos y características necesarios para indicar que sería una especie que va a dar buenos resultados al momento de usarlo en el mejoramiento de los suelos.

**Palabra Clave:** *Senecio collinus*, Absorción de metales.

## **ABSTRACT**

The present study was carried out in the Yanamate lagoon, where the interest of the research work is to determine the growth behavior of the *Senecio collinus* plant in the disturbed and undisturbed soils of the area of direct influence of the lagoon, to later determine and study the composition present in it on the absorption of physicochemical and chemical elements.

The importance also lies when the remediation of these disturbed soils is made, we can take advantage of the use of phytoremediation technology in order to solve this problem and use the native species that develop in these soils, such as the plant. of the *Senecio collinus*.

The plant of the *Senecio collinus* is a plant very resistant to the current conditions of the place, and to the soil quality of the Yanamate lagoon, when removing the specimens from the disturbed soils shows a good growth of the root, good consistency of the stems and leaves, data and characteristics necessary to indicate that it would be a species that will give good results when using it in the improvement of soils.

**Key word:** *Senecio collinus*, Absorption of metals.

## INTRODUCCION

La existencia y gravedad de los problemas de contaminación del suelo en la región Pasco, son diversas debido a la forma de uso que actualmente realiza el hombre. La minería en nuestra región, cada año se ve un crecimiento en las operaciones mineras que hacen uso de volúmenes de agua y suelo mineralizado, de allí el interés de nuestra investigación de plantear alternativas para solucionar problemas de contaminación de suelos e institucionalizar instrumentos que incorporen políticas e instrumentos en la variable ambiental; para solucionar este problema.

El problema de la contaminación de suelos en la laguna Yanamate son diversas, mayormente se debe a las descargas de aguas acidas provenientes actualmente de la empresa minera Cerro SAC sin ningún tratamiento, son las que ocasionan mayor impacto ambiental y contaminación en las aguas receptoras.

En el año 1981, la laguna de Yanamate, 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 hasta la actualidad por la empresa minera Cerro SAC.

El incremento de los caudales de las aguas ácidas que se han depositado en la laguna Yanamate, ha provocado la pérdida de las propiedades físicas y químicas de los suelos existentes (Caliza), agua y la biodiversidad de especies que existían en el medio ambiente.

Conociendo la problemática ambiental y los problemas que actualmente se tiene en la zona de la laguna Yanamate, con respecto a los suelos disturbados me he planteado realizar un estudio empleando el *Senecio collinus*, con la finalidad determinar si la planta tiene propiedades bio acumuladora de metales pesados y su resistencia de crecimiento en suelos disturbado. Para los análisis de las muestras de los resultados se realizó empleando el equipo de absorción atómica. La presente investigación está compuesto por cuatro capítulos; **Capítulo I:** Identificación y determinación del Problema de investigación; se plantea el problema, los objetivos y la justificación; **Capítulo II:** Marco teórico, donde plasmamos los antecedentes a estudios realizados anteriormente , definición de términos ambientales y bases teóricas científicas, hipótesis , identificación de variables y definición de operacional de variables e indicadores; **Capítulo III:** tipo de investigación, Métodos y Diseño de investigación; **Capítulo IV:** descripción del trabajo de campo ,Presentación de Resultados y Discusión.

Finalmente, las conclusiones y las recomendaciones nos ayudaran para realizar una biorremediación de la laguna Yanamate la cual nos ayudara a recuperar nuestro recursos naturales antes habitantes y dar una imagen paisajísticamente presentable para un desarrollo sostenible adecuado.



## INDICE

DEDICATORIA .....	III
RECONOCIMIENTO.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT .....	VI
INTRODUCCION .....	VII
INDICE.....	IX

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y Determinación del Problema. ....	12
1.2. Delimitación de la Investigación: .....	16
1.2.1. Delimitación Espacial.....	16
1.2.2. Delimitación Temporal.....	16
1.3. Formulación del Problema .....	16
1.3.1. Problema Principal .....	16
1.3.2. Problemas específicos .....	16
1.4. Formulación de Objetivos .....	17
1.4.1. Objetivo general.....	17
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
1.5. Justificación de la investigación.....	17
1.6. Limitación de la investigación.....	20

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	21
2.2. Bases Teóricas – Científicos.....	33
2.2.1. La minería en Perú .....	33

2.2.2.	Biorremediación: .....	35
2.2.3.	La bioacumulación: .....	43
2.2.4.	Los metales pesados: .....	43
2.2.5.	Origen del Senecio.....	49
2.3.	Definición de términos básicos: .....	54
2.4.	Formulación de Hipótesis .....	58
2.4.1.	Hipótesis General .....	58
2.4.2.	Hipótesis Especificas .....	58
2.5.	Identificación de Variables .....	58
2.5.1.	Variable Independiente (VD).....	58
2.5.2.	Variable Dependiente (VD).....	58
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores .....	59

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA Y TECNICA DE INVESTIGACION**

3.1.	Tipo de investigación.....	60
3.2.	Método de Investigación.....	61
3.3.	Diseño de investigación.....	61
3.4.	Población y Muestra .....	65
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	66
3.5.1.	Instrumentos de recolección de datos .....	66
3.5.2.	Técnica de recolección de datos.....	66
3.6.	Técnicas de procesamientos y análisis de datos .....	66
3.7.	Tratamiento Estadístico .....	67
3.8.	Orientación ética .....	67

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1. Presentación , análisis interpretación de resultados .....	68
4.1.1. Resultados de los análisis fisicoquímica y químicas de las muestras de plantas de los suelos disturbados y no disturbados de la laguna Yanamate .....	68
4.2. Análisis de Interpretación de Resultados .....	75
4.3. Prueba de hipótesis.....	77
CONCLUSIONES .....	79
RECOMENDACIONES .....	80
BIBLIOGRAFIA .....	81
ANEXOS .....	84

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **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 ha 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 destruible y manifiesta que debe ser protegido contra la erosión, la contaminación, el daño que puede causar el desarrollo urbano, y las prácticas agrícolas, 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 (Martínez Sánchez et al., 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 realizo 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 *Senecio collinus* 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 metales en suelo como de la zona de influencia de la laguna y otra fuera del área de influencia.

## **1.2. Delimitación de la Investigación:**

### **1.2.1. Delimitación Espacial**

El presente trabajo de investigación se ha realizado en la zona de la Laguna Yanamate.

### **1.2.2. Delimitación Temporal**

La presente tesis tendrá una duración de 06 meses;  
Enero 2019 – Junio 2019.

## **1.3. Formulación del Problema**

### **1.3.1. Problema Principal**

¿Cuáles serán los resultados del análisis comparativo de la absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en los suelos disturbados y no disturbados de la zona de la laguna Yanamate?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la concentración de absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en el área de suelos no disturbados de la zona de la Laguna Yanamate?
- ¿Cuál es la concentración de absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en el área de suelos disturbados de la zona de la Laguna Yanamate?
- ¿Cuál es la concentración de absorción de metales en la planta *Senecio collinus* sobre el área disturbada y no disturbada sobre la zona de la laguna Yanamate?



## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar el análisis comparativo de la absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en los suelos no disturbados y no disturbados de la zona de la laguna Yanamate.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en el área de suelos no disturbados de la Laguna Yanamate.
- Determinar la concentración de absorción de metales en la planta *Senecio collinus* sobre en el área de suelos disturbados de la Laguna Yanamate.
- Comparar la concentración de absorción de metales de la planta *Senecio collinus* sobre el área de suelos disturbados y no disturbados en la zona 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 provenientes de la actividad minera de la empresa minera Cerro SAC en la actualidad presentan un pH de 1.5 el cual es un indicativo que las aguas son acidas lo que viene provocado la alteración de los suelos del área de influencia directa,

por la presencia de metales pesados, erosión de los suelos, pérdida de la biodiversidad de especies, etc.

En la actualidad la laguna Yanamate es considerada como un pasivo ambiental minero, por las actuales condiciones de los impactos ambientales que se viene dando.



*Fotografía No. 01: Vertimiento de agua acida de la empresa minera Cerro SAC.*

Viendo las condiciones actuales de la laguna Yanamate, 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 *Senecio collinus* ha sido objeto de investigación,

debido que esta especie es de fácil de adaptarse y de crecimiento en suelos disturbados y en otros estudios realizados a permitido disminuir contaminantes metálicos presentes en los suelos.

Que pueden ser de origen natural o antropogénico utilizado como absorbente, el cual se basada 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.



*Fotografía No. 2: Senecio Collinus en crecimiento en los suelos 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 profundo 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 *Senecio collinus*.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

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

**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 de 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 (Agropiro 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. 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 exclusora 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 un especie nativa promisoría para tecnologías de fitorremediación.

## **2.2. Bases Teóricas – Científicos**

Según la FAO (1991, p.134), el problema de los metales pesados es que se pueden acumular en los tejidos de la planta llegando a concentraciones que perjudiquen la salud de las personas o animales que se alimenten de ellas, un ejemplo es el plomo que se traslada con relativa facilidad desde la raíz hasta la parte aérea de la planta.

### **2.2.1. La minería en Perú**

Gran parte del despegue de la economía peruana se debe a consecuencia de la minería ya que en el subsuelo es de los más ricos del mundo. Con amplias reservas aún por explotar, Perú es actualmente el segundo productor mundial de plata, cobre y zinc y el sexto de oro.

El aumento de la demanda de estos minerales, principalmente por la incorporación al mercado global de China, ha supuesto el alza

de los precios así como una mayor presión por el control de estos recurso, lo que ha dado lugar a que, entre el 2000 y el 2011, el monto de las exportaciones de minerales del Perú se haya multiplicado por 7 (de 5.000 a 35.000 millones de dólares) constituyendo el 61% del valor total de los bienes exportados desde el país.

Según los cálculos más optimistas, aquellos facilitados por la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, el peso de la minería en el PIB es del 14,5%, siendo una actividad que aporta el 15% de la recaudación tributaria -12% según el gobierno- y generando 177 mil empleos directos y 650 mil indirectos. Pero siendo tantos los impactos positivos que genera la minería cabría preguntarse ¿por qué existen entonces tantas resistencias a la actividad minera? ¿Por qué se están oponiendo las poblaciones hasta el punto de convertirse la minería en la principal causa de conflictos de Perú?

Para muchos la respuesta está en que las actividades extractivas de la minería en sus términos actuales son una “síntesis acabada del mal desarrollo” en la medida en que son actividades que deterioran gravemente el ambiente donde operan, limitan el desarrollo de otros sectores productivos, siendo una actividad económica eminentemente orientada al mercado global y no

sustentable, dejando escasos recursos y si altos impactos ambientales en el país (pasivos ambientales)<sup>1</sup>.

### **2.2.2. 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

---

<sup>1</sup> Rodrigo Blanca Quesada. Universidad de Córdoba. Impacto de la minería en el Perú y alternativas al desarrollo.

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.



*Fotografía No. 3: Un ejemplar de la planta Senecio collinus*

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 rizosfera.

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.

### **2.2.3. La bioacumulación:**

Es un proceso de absorción, transformación y acumulación de algunas sustancias químicas en un organismo vivo al encontrarse éste expuesto a contaminantes en el suelo, agua o aire.

La existencia de sustancias que se encuentran en pequeñas cantidades en el medio ambiente puede llegar a acumularse a través del tiempo dentro de un organismo vivo, trayendo consigo efectos perjudiciales a largo plazo.

Estos elementos metálicos que no causan efectos negativos sobre el crecimiento de la planta.

Pero surge un problema los metales pesados pueden acumularse en los vegetales y dar concentraciones que perjudiquen la salud de las personas y los animales que se alimentan de los cultivos.

### **2.2.4. Los metales pesados:**

El término de metales pesados está asociado a los elementos que causan efectos negativos en el ambiente por ser tóxicos.

Se le conoce también como metales pesados a los elementos químicos que tienen una densidad por arriba de los 6 g/cm<sup>3</sup>, a la mayoría de metales de transición se le puede denominar metales pesados una excepción es el titanio cuya densidad es 4,5 g/cm<sup>3</sup>, también se le denomina metal pesado al arsénico (no metal) cuya densidad es 5,7 g/cm<sup>3</sup> y que por sus propiedades de carácter ambiental se le conoce también como elemento pesado (Doménech y Peral, 2006, p.121)

Los metales ingresan al organismo mediante los alimentos o en forma de partículas mediante la respiración, éstos se almacenan en el organismo produciendo toxicidad. Como refiere la OMS (2015, párr. 21) Los elementos pesados ya sea el plomo, el cadmio, el mercurio entre otros generan daños en el sistema nervioso central y renal, la transferencia de los metales pesados hacia los alimentos son ocasionados por la contaminación del suelo, agua o el aire.

#### **A. Contaminación del Agua.**

Entre los factores que generan contaminación de 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**

La exposición al plomo tiene como origen las baterías, pilas, cemento, polvo de algunas industrias, tuberías o soldaduras de éstas, equipamiento para granjas, elementos de joyería y cosméticos, etc.

Las principales fuentes industriales de plomo incluyen las plantas de fundición, de reciclaje de baterías y de pinturas para barcos y puentes.

La contaminación antropogénica de plomo es mucho más significativa que la natural.

La toxicología del plomo ha sido ampliamente estudiada, el plomo inorgánico ( $Pb^{2+}$ ) es en general, un veneno metabólico y un inhibidor de enzimas.

Los síntomas precoces de la toxicología del plomo son dolores de cabeza, óseos y abdominales, trastornos del sueño, impotencia, trastornos de conducta, etc.

En los síntomas avanzados aparecen anemia, cólicos, náuseas, trastornos renales, delirio, daño al feto, hipertensión arterial, alteración nerviosa y cáncer.

#### **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, ósmosis 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; destoxificación interna de los metales a través de la incorporación de proteínas, ácidos orgánicos, histidina y péptidos ricos en grupos tiol denominado fitoquelatinas.

**2.2.5. Origen del Senecio.**

Senecio es un género cosmopolita extremadamente complejo de plantas herbáceas y arbustivas de la familia Asteraceae.

Comprende un amplio número de subgéneros y especies: unas 4400 descritas, de las cuales solo casi 1600 son taxones aceptados. Tienen unas morfologías extremadamente diversas, incluyendo hojas suculentas; también hay taxones con tallos y raíces suculentas, anuales, perennes, acuáticas, de montaña, arbustos y pequeños árboles.

Endémica del Perú, crece en lugares perturbados de la puna, al borde de caminos y carreteras, con amplia distribución, desde Cajamarca, La Libertad, Áncash, Lima, Junín, Huancavelica, Huánuco y Puno, entre los 3500 a 4500 msnm.

#### **A. Descripción**

Son hierbas o matas de hasta 2,5 m de altura, anuales, bienales o perennes, eventualmente rizomatosas, erectas o decumbentes, con hojas de enteras a pinnatisectas, enteras o denticuladas/serradas, glabras o pubescentes; las basales pecioladas, las caulinares alternas y sentadas. Los capítulos se organizan en inflorescencias corimbosas, rara vez solitarias.

Los capítulos, habitualmente pedunculados, se organizan en inflorescencias corimbosas, cimosas, más raramente paniculiformes, racemosas o, incluso, axilares o solitarias.

El Involucro, habitualmente cilíndrico, hemiesférico o campanulado suele tener un diámetro entre 0,5 y 4 cm y está constituido por 5-34 brácteas erectas, oblongas, lineares o lanceoladas, habitualmente libres pero también a veces conadas, con márgenes usualmente escariosos o membranáceos y a menudo reflejas en la fructificación, en

1-2 filas rodeando un receptáculo llano hasta convexo, desnudo y alveolado.

Dichos capítulos son generalmente radiados y heterógamos, con, cuando existen, 5-34 lígulas externas pistiladas fértiles con corola usualmente de color amarillo, pero también blanco, rojo, purpúreo.

Los flósculos centrales, en número de 3 hasta 80, son hermafroditas, con tubo de la corola cilíndrico y limbo pentafido con lóbulos triangulares erectos o recurvados y su color va desde el blanco hasta el púrpura, pasando por el amarillo y el rojo. Las cipselas son de forma subcilíndrica a prismática y son usualmente longitudinalmente pentaacostilladas o angulosas y glabras o pubescentes.

Están coronadas por un vilano - eventualmente ausente en los frutos de las lígulas o, incluso, de todas las flores— habitualmente persistentes y frágil, pero también a veces tempranamente sésil, casi siempre formado por pelos blancuzcos homomórficos lisos, pero también con algunos o todos apicalmente o totalmente barbulados/ásperos<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

## **B. Taxonomía**

Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Magnoliopsida  
Orden: Asterales  
Familia: Asteraceae  
Subfamilia: Asteroideae  
Tribu: Senecioneae  
Subtribu: Senecioninae  
Género: Senecio

## **C. *Senecio collinus* DC., Prodr. 6: 420. 1837.**

Typus: “in collibus vallium montium Peruviae Legit. Haenke” (

O) Distribución: Endemismo de la puna peruana.

### **Material estudiado:**

ANCASH: Bolognesi, entre Tallenga y Pachapaque, pedregal que alterna con monte rígido, 3400 - 3700 m, 17 - V - 1952, E. Cerrate 679. Yungay, Llanganuco, borde de carretera, 4150 m, 5-VII-1981, E. Pérez 074, USM. LA LIBERTAD: Huamachuco, Río Marañón Canyon, summit aboye Aricapampa, road to Huamachuco, 3970 m, 10-VIII-1964, P.C. Hutchinson 6265, USM. LIMA: Cajatambo, Oyón, 3900 m,

111-1987, 0. Cuyas 222, USM. Canta, Carbuapampa, 3900 m, 9-VI-1963, 1. Meza 176, USM. Huarochirí, entre San Mateo y Casapalca, estepa de gramíneas, 3700 m, R. Ferreyra 14927, USM. Yauyos, Laraos, 3900 m, 25-V-1995, H. Beltrán 1729, USM; ibidem, camino a Achiquina, 3900 m, 27-V-1995, H. Beltrán 1797, USM ibidem, 4-XI-1992, H. Beltrán 417, USM<sup>1</sup>.

#### **D. *Senecio collinus* A. Nelson**

El género *Senecio* (Asteraceae) en el Perú es muy diverso. El tratamiento taxonómico y nomenclatura de los diferentes rangos existentes hasta el momento es muy variado. En América del Sur, se subdivide al género en secciones, que posteriormente la mayoría eran combinadas en el rango de serie. Las secciones están basadas en caracteres anatómicos (micromorfológicos) de las flores, como las ramas de los estilos o la forma de la base de las anteras, y las series, en la morfología externa de la planta. A pesar de que las diferentes subdivisiones del género *Senecio* están muy bien representadas en el Perú, no se han escrito todavía trabajos globales, (Baeza C, Jara S, Stuessy T. 2006).

---

<sup>1</sup>Milton Beltrán Santiago & Antonio Galán de Mera: *Senecio* [sect. *Senecio*] ser *Lomnicola nova* y notas corológicas y taxonómicas sobre *Senecio* sect. *Senecio* (Asteraceae) para los Andes centrales del Perú. Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Apartado >4-0434, Lima 14, Perú.

Se reportan las especies comunes de Senecio de los Andes del Perú, en la que se incluye una fotografía de Senecio collinus A. Nelson, (Novara LJ, Urtibey E. Flora del valle de Lerma. Asteraceae E Dumort. Subfam. Lactucoideae. 2012).

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

#### **A. 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.

#### **B. Concentración**

Cantidad de soluto presente en una determinada cantidad de disolución.

#### **C. 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.

#### **D. 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.

#### **E. 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.

#### **F. 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.

#### **G. 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.

## **H. Metales pesados**

Metales de número atómico elevado, como cadmio, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo y zinc, entre otros, que son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación.

## **I. 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.

## **J. Evaluación**

Está relacionado a la supervisión y/o auditoria con la finalidad de determinar si el trabajo realizado esta correctamente ejecutado asegurándose que se cumplieron con todos los procedimientos y estándares establecidos por la organización.

## **K. Deforestación**

Desaparición o disminución de las superficies cubiertas por bosques, tienen como resultado la degradación del suelo y del tipo de vegetación que se reduce arbustos medianos y herbáceos con tendencia a la desertización.



**L. Erosión:**

Pérdida de la capa vegetal que cubre la tierra dejándola sin capacidad para sustentar la vida, en lapsos muy cortos y favorecidos por la pérdida de la cobertura vegetal.

**LL.Suelo**

El suelo desde el punto de vista físico es la interfase entre la biosfera y la litosfera, está constituido por una mezcla variable de partículas minerales, materia orgánica, aire y una disolución acuosa. El suelo formado por meteorización sobre el medio rocoso original constituye el soporte material para el desarrollo de organismos vivos.

**M. Plántulas**

Embrión de una planta que se desarrolla a partir de la germinación de la semilla.

**N. pH**

El pH está definido como el potencial de hidrogeno, el cual se refiere a si una sustancia es ácida o básica. Sus valores están comprendidos entre 0 y 14, el valor neutro es el 7. La zona ácida está comprendida para valores menores de 7 y la zona básica para valores mayores de 7.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

La planta *Senecio collinus* es una planta bioacumuladora que absorbe metales, que servirá para realizar el análisis comparativo en el suelo disturbados y no disturbados de la zona de la laguna Yanamate.

### **2.4.2. Hipótesis Especificas**

- La concentración de la absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en suelo no disturbados es significativamente bajo.
- La concentración de absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en suelo disturbados es significativamente alto.
- La concentración de absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en suelos no disturbados varia significativamente respecto a los suelos disturbados en la zona de la laguna Yanamate.

## **2.5. Identificación de Variables**

### **2.5.1. Variable Independiente (VD)**

Planta *Senecio collinus*.

### **2.5.2. Variable Dependiente (VD)**

Absorción de metales.

## 2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDADES	FUENTE	
PLANTA SENECIO COLLINUS	Es el medio en el cual se mediaran los valores.	Especie vegetal	Especie	Campo/ gabinete	
ABSORCIÓN DE METALES	Nivel de concentración de absorción	Metales	P203	porcentaje	laboratorio
			Ca	porcentaje	laboratorio
			Mg	porcentaje	laboratorio
			K	porcentaje	laboratorio
			Na	porcentaje	laboratorio
			Cd	ppm	laboratorio
			Pb	ppm	laboratorio
			Cu	ppm	laboratorio
			Fe	ppm	laboratorio
			Zn	ppm	laboratorio
			Mn	ppm	laboratorio

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA Y TECNICA DE INVESTIGACION**

##### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es la aplicada, (Casana J, Leal-Pinedo J, Casana R.2010), porque se busca la aplicación de la información del lugar de la investigación y de los conocimientos científicos para resolver un problema práctico de recuperación de pasivos ambientales, relacionado con el estudio de la tolerancia de las plantas nativas o que se desarrollan en el ámbito de los suelos disturbados de la laguna Yanamate.

El nivel de investigación es el descriptivo, (Gómez-Sosa E. 2010) porque permite describir, analizar e interpretar la situación actual de la acumulación de metales pesados de las plantas de senecio collinus que están desarrollándose naturalmente en los suelos disturbados de la laguna Yanamate.

El presente trabajo se realiza mediante el enfoque cuantitativo, este enfoque se fundamenta en la recolección de datos para luego probar la hipótesis, a través de datos numéricos y el análisis estadístico, para determinar patrones de comportamiento y demostrar teorías (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.4).

El alcance del estudio es correlacional como refiere Hernández et al (2010, p. 81) los estudios correlacionales tienen como propósito saber la relación o grado de asociación que hay entre dos o más variables en un contexto en particular.

### **3.2. Método de Investigación**

El método de investigación utilizado fue el método científico, dentro de este, el descriptivo; porque no se manipuló ninguna variable; tan solamente se observó el comportamiento de la variable y sus indicadores estudiados.

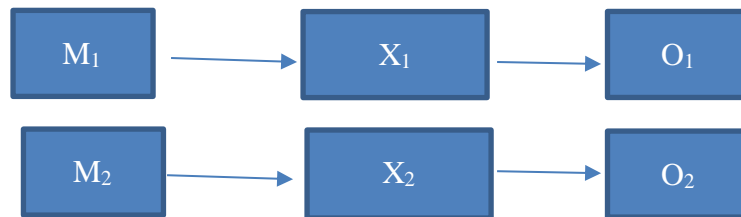
### **3.3. Diseño de investigación**

El diseño de investigación ha sido no experimental porque no se ha realizado ningún control de las variables, se le asigna un diseño solo pos prueba con dos grupos no equivalentes que está formado por un grupo en el que se aplica la evaluación en un suelo disturbado "X" y al otro no se aplica en un suelo no disturbado "Y" a continuación se presenta un esquema en donde:

M: Muestra de elementos o Población de elementos de estudio (P).

$X_i$ : Variable(s) de estudio,  $i = 1, 2, \dots$

$O_i$ : Resultados de la medición de la(s) variable(s)



Este diseño pertenece a una investigación transeccional exploratorio, ya que es comenzar a conocer una variable o una situación con una exploración inicial en un momento específico para describir variables y analizar su incidencia.



*Fotografía No.4: Reconocimiento de lugar y de las plantas habitantes*

El trabajo en campo consistió en tomar muestras de plantas en suelos disturbados y muestras de plantas en suelos no disturbados de la zona de la laguna Yanamate para poder evaluar las características de la planta *Senecio collinus* en el gabinete.

Los ejemplares de plantas se han recogido del área de influencia directa de la laguna Yanamate, los cuales se han adaptado y actualmente vienen creciendo, como se aprecia en las fotografías No. 5, 6 y 7.



*Fotografía No.5 : Exploracion de rea del estudio*



*Fotografía No. 6 y 7: Toma de Muestra de los lugares de estudio*

Las muestras recolectadas fueron lavados y luego son cortados, para luego separar los tallos, raíz y las hojas. para luego ser secadas a 65 oC durante 5:00 horas, para luego ser pulverizado a una malla No. 100, con el equipo de pulverización marca Cutting Mil Pulverisette19 – FRITSCH, para luego embolsar y codificar cada muestra para ser enviado al laboratorio de absorción atómica, para la realizar los análisis respectivo luego se busca la interpretación de los resultados con el estudio de investigación.

Las muestras de raíz, tallo y hojas fueron llevaras al “Laboratorio de Análisis de Suelos, agua y ecotoxicología”, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María para poder analizar con el equipo de espectrofotometría de absorción atómica marca SpectAA.



### **3.4. Población y Muestra**

#### **3.4.1. Población(N)**

Especies de *Senecio collinus* en la flora existentes en el área de influencia del contorno de la laguna Yanamate.

#### **3.4.2. Muestra(n)**

10 ejemplares de *Senecio collinus* evaluados en crecimiento en el área impactada (disturbada) y otros 10 ejemplares en el área no disturbada en el contorno del suelo de la laguna Yanamate.

La metodología para la elección de la toma de muestras se realizara tomando en cuenta como criterio a aquellos sectores que presentan mayor impacto ambiental y menor impacto de las descargas de aguas industriales sobre los suelos donde crecen la especie *Senecio collinus* del área de influencia directa de la laguna Yanamate la cual se desarrollará el estudio de investigación:

- Reconocimiento del área de influencia, directa e indirecta, de la laguna Yanamate.
- Reconocimiento sobre el tipo de toma de muestra a desarrollarse sobre las especies *Senecio collinus* del contorno del suelo de la laguna Yanamate.

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

#### **3.5.1. Instrumentos de recolección de datos**

- Cámara fotográfica.
- Picota para tomar las muestras en cada área.
- Recipientes para tomar muestras de las especies ***Senecio Collinus*** para el análisis químico en el laboratorio.
- Bolsas de un kilo para llevar las muestras al laboratorio.
- Cuaderno de campo.

#### **3.5.2. Técnica de recolección de datos**

La técnica que se utilizó fue observación, específicamente lugares donde existe contaminación (zona disturbada) y en lugares donde no existe contaminación (zona no disturbada).

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

**A. 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.

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

**C. Resultados.**- Establecimiento de resultados, conclusiones y recomendaciones.

### **3.7. Tratamiento Estadístico**

Se empleará el software SPSS que servirá para el almacenamiento de datos obtenidos del campo, su posterior análisis y resultados obtenidos servirán para la elaboración de los cuadros y gráficos correspondientes.

### **3.8. Orientación ética**

Al realizar la presente investigación se realizan los análisis de campo tomando en cuenta los procedimientos establecidos para una toma de muestra que debe ser confiable en esta fase del estudio y para analizar los resultados y proponer soluciones a los problemas ambientales que viene afectando a la zona de la laguna Yanamate, el cual pone en riesgo la salud de las personas y los recursos naturales existentes.

Por ende el presente estudio busca dar soluciones al problema de contaminación de los suelos uno de los problemas ambientales existentes actualmente y plantear una propuesta para remediar y evitar que los riesgos ambientales que se viene dando a los recursos afectando nuestro ecosistema.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **4.1. Presentación , análisis interpretación de resultados**

##### **4.1.1. Resultados de los análisis fisicoquímica y químicas de las muestras de plantas de los suelos disturbados y no disturbados de la laguna Yanamate**

El pH de los suelos disturbados de la laguna Yanamate, al realizar la medición con el equipo multiparametro indicó que son suelos moderadamente ácidos con un pH 4,8 y en los suelos no disturbados fue de pH de 6,8.

Los análisis de las plantas de *Senecio collinus* en suelos disturbados y no disturbados superficiales (0-30 cm) en los alrededores de la laguna Yanamate mostraron pequeñas diferencias entre las propiedades de materia orgánica en base seca 97.18 % (suelos disturbados) y 97.86 % (suelos no

disturbados) y cenizas evaluadas 2.54 % (suelos disturbados) a 1.97 % (suelos no disturbados) como se muestra en la Tabla No.1, y éstas no fueron estadísticamente significativas:

DATOS DE LA MUESTRA			ANÁLISIS PROXIMAL				
SENECIO COLLINUS			Humedad Hd (%)	EN BASE HUMEDA		EN BASE SECA	
Código	Tipo	Referencia		MATERIA SECA		Materia Organica (%)	Cenizas (%)
				Materia Organica (%)	Cenizas (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)
ME2019_0188	RAIZ	SD	9.85	87.60	2.54	97.18	2.82
ME2019_0192	RAIZ	SND	7.92	90.11	1.97	97.86	2.14

*Tabla No.1: Resultados de los análisis de muestra de Raiz en: materia orgánica y Cenizas realizados en la UNAS-Tingo María.*

Las muestras de las plantas de Senecio collinus en suelos de los lugares donde se cogieron las 10 muestras de especie vegetal nativa identificada del lugar del estudio fueron analizados por el Equipo de Absorción Atómica en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, identificándose metales y el contenido óxido: P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%), Ca (%), Mg (%) y K (%) y Na(%); como se muestra en la tabla 2, en cuyos resultados se muestra un mayor porcentaje de acumulación en las plantas de crecimiento en los suelos no disturbados en comparación con los resultados realizados en suelos disturbados

DATOS DE LA MUESTRA			RESULTADO EN BASE SECA				
			PORCENTAJE (%)				
SENECIO COLLINUS			P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)
Código	Tipo	Referencia					
ME2019_0188	RAIZ	SD	0.09	0.56	0.23	0.02	0.23
ME2019_0192	RAIZ	SND	0.08	0.41	0.30	0.13	0.30

Tabla No.2: Resultados de los análisis de muestra de Raiz en: P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%), Ca (%), Mg (%) y K (%) y Na (%) realizados en la UNAS-Tingo María.

Las muestras de la raíz, para los análisis de metales se han realizado con el Equipo de Absorción Atómica, la lectura de la concentración (ppm) de los siguientes metales pesados que se indica a continuación como:

- Cadmio
- Plomo
- Cobre
- Hierro
- Zinc y Manganeseo

cuyos resultados de los análisis se muestran en el Tabla No. 3, en cuyos resultados se muestra un mayor porcentaje de acumulación en las plantas de crecimiento en los suelos no disturbados en comparación con los resultados realizados en suelos disturbados, a excepción de los elementos de cadmio y hierro que es menor en los suelos no disturbados.

DATOS DE LA MUESTRA			RESULTADO EN BASE SECA					
			PARTES POR MILLON (ppm)					
SENECIO COLLINUS			Cd ppm	Pb ppm	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
Código	Tipo	Referencia	Cd ppm	Pb ppm	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
ME2019_0188	RAIZ	SD	1.34	3.33	10.89	315.57	17.23	14.65
ME2019_0192	RAIZ	SND	0.54	4.45	15.39	262.34	54.5	34.2

*Tabla No.3: Resultados de los análisis de muestra de Raiz en: Cd (ppm), Pb (ppm), Cu (ppm), Fe (ppm), Zn (ppm) y Mn (ppm) realizados en la UNAS-Tingo María.*

Las muestras de Tallo de la muestra preparada a una malla No. 100, de las plantas de Senecio collinus provenientes de los suelos disturbados y no disturbados mostró una pequeña variación en los porcentajes entre las propiedades de materia orgánica y cenizas evaluadas como se muestra en la Tabla No.4, al realizar una interpretación de los resultados con respecto a los porcentajes obtenidos de materia orgánica y ceniza, el contenido es menor en las muestras de tallo de las plantas Senecio collinus en crecimiento en los suelos disturbados

DATOS DE LA MUESTRA			ANALISIS PROXIMAL				
			Humedad Hd (%)	EN BASE HUMEDA		EN BASE SECA	
Código	Tipo	Referencia		MATERIA SECA		Materia Organica (%)	Cenizas (%)
				Materia Organica (%)	Cenizas (%)		
ME2019_0188	TALLO	SD	7.46	88.74	3.81	95.89	4.11
ME2019_0192	TALLO	SND	8.25	88.35	3.40	96.29	3.71

*Tabla No.4: Resultados de los análisis de muestra de Tallo en: materia orgánica y Cenizas realizados en la UNAS-Tingo María.*

Las muestras de las plantas de *Senecio collinus* en suelos disturbados y no disturbados fueron evaluadas en relación a su porcentaje los siguientes compuestos y elementos como se muestra en la tabla 5, Trióxido de difósforo ( $P_2O_3$ ), Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio; como se muestra en la tabla 5, en cuyos resultados se muestra una menor acumulación en las plantas de crecimiento en los suelos no disturbados en comparación con los resultados realizados en suelos disturbados, a excepción del elemento de Magnesio donde es mayor.

DATOS DE LA MUESTRA			RESULTADO EN BASE SECA				
			PORCENTAJE (%)				
SENECIO COLLINUS			$P_2O_3$ (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)
Código	Tipo	Referencia					
ME2019_0188	TALLO	SD	0.23	0.54	0.19	0.11	1.72
ME2019_0192	TALLO	SND	0.22	0.39	0.27	0.04	1.00

*Tabla No.5: Resultados de los análisis de muestra de Tallo en:  $P_2O_3$  (%), Ca (%), Mg (%) y K (%) y Na(%) realizados en la UNAS-Tingo María.*

Para evaluar las características de absorción del *Senecio collinus*, se realizó los análisis de los siguientes elementos como: Cadmio, Plomo, Cobre. Hierro, Zinc y Manganeseo, cuyos resultados de los análisis se muestran en el Tabla No. 6. Los resultados son variados en cuanto a la absorción de metales pesados en la composición en concentración (ppm) de las plantas en algunos elementos son mayores en los suelos que crecen en disturbados como es el caso de los elementos de: plomo y cobre y al evaluarlos en los suelos no disturbados muestran mayores concentraciones en los elementos como: cadmio, hierro, zinc y manganeseo.



DATOS DE LA MUESTRA			RESULTADO EN BASE SECA					
SENECIO COLLINUS			PARTES POR MILLON (ppm)					
Código	Tipo	Referencia	Cd ppm	Pb ppm	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
ME2019_0188	TALLO	SD	0.98	2.12	13.10	209.57	33.58	29.13
ME2019_0192	TALLO	SND	4.25	1.89	11.41	511.17	47.38	53.42

Tabla No.6: Resultados de los análisis de muestra de Tallo en: Cd (ppm), Pb (ppm), Cu (ppm), Fe (ppm), Zn (ppm) y Mn (ppm) realizados en la UNAS-Tingo María.

Los análisis de las plantas de Senecio collinus en suelos disturbados y no disturbados superficiales muestran las condiciones de materia orgánica y cenizas evaluadas en la Hoja el cual se muestra en la Tabla No.7, en cuyos resultados se muestra un mayor porcentaje de acumulación de materia orgánica en las plantas tomadas en suelos no disturbados y en suelos disturbados fue mayor el contenido de cenizas lo cual demuestra que la planta tiene una mayor acumulación de metales en las hojas.

DATOS DE LA MUESTRA			ANALISIS PROXIMAL				
SENECIO COLLINUS			Humedad Hd (%)	EN BASE HUMEDA		EN BASE SECA	
Código	Tipo	Referencia		MATERIA SECA		Materia Organica (%)	Cenizas (%)
				Materia Organica (%)	Cenizas (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)
ME2019_0188	HOJA	SD	10.13	76.72	13.14	85.37	14.63
ME2019_0192	HOJA	SND	10.06	81.59	8.35	90.71	9.29

Tabla No.7: Resultados de los análisis de muestra de Hoja en: materia orgánica y Cenizas realizados en la UNAS-Tingo María.

Las muestras de las plantas de *Senecio collinus* en suelos de los lugares donde se desarrollan la especie vegetal nativas fueron realizados los analizados por el Equipo de Absorción Atómica, en cuanto al contenido de los siguientes compuestos y metales: P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%), Ca (%), Mg (%) y K (%) y Na (%); como se muestra en la tabla 8. Al realizar una interpretación de los resultados se muestra una mayor acumulación en las plantas cuyo crecimiento se han dado en los suelos no disturbados en comparación con los resultados realizados en suelos disturbados, a excepción del elemento de potasio donde el porcentaje fue menor.

DATOS DE LA MUESTRA			RESULTADO EN BASE SECA				
SENECIO COLLINUS			PORCENTAJE (%)				
Código	Tipo	Referencia	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)
ME2019_0188	HOJA	SD	0.28	1.28	0.50	0.20	1.62
ME2019_0192	HOJA	SND	0.55	2.20	0.72	0.04	0.59

*Tabla No.8: Resultados de los análisis de muestra de Hoja en: P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%), Ca (%), Mg (%) y K (%) y Na(%) realizados en la UNAS-Tingo María*

Las lecturas de la concentración de los diferentes metales (ppm) como: Cadmio, Plomo, Cobre. Hierro, Zinc y Manganeso, cuyos resultados de los análisis se muestran en el Tabla No. 9.

Los resultados muestran que la planta *senecio collinus* en suelos disturbados acumula mayores concentraciones en cadmio, plomo, hierro y manganeso en las hojas, en comparación a las plantas en crecimiento en

suelos no disturbados, también indicar con respecto al contenido de cobre y manganeso son menores en su concentración.

DATOS DE LA MUESTRA			RESULTADO EN BASE SECA					
			PARTES POR MILLON (ppm)					
SENECIO COLLINUS			Cd ppm	Pb ppm	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
Código	Tipo	Referencia						
ME2019_0188	HOJA	SD	3.02	8.78	21.41	2196.11	60.39	146.65
ME2019_0192	HOJA	SND	0.86	5.13	34.11	1191.18	61.04	111.64

*Tabla No.6: Resultados de los análisis de muestra de Hoja en: Cd (ppm), Pb (ppm), Cu (ppm), Fe (ppm), Zn (ppm) y Mn (ppm) realizados en la UNAS-Tingo María.*

#### 4.2. Análisis de Interpretación de Resultados

Como se puede apreciar los resultados procesados con SPSS, se puede señalar a un nivel de confianza del 95 %, que las muestras de plantas de senecio collinus en suelos disturbados y no disturbados, muestran una distribución normal en lo referente a la humedad, materia orgánica, ceniza,

Trióxido de dióxido de fósforo, magnesio, potasio, sodio, cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso. Solo en el parámetro de concentración de calcio muestra una distribución no normal.

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Humedad	,275	6	,177	,839	6	,128
Materia Organica	,321	6	,052	,835	6	,119
Cenizas	,321	6	,054	,825	6	,097
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	,245	6	,200*	,868	6	,220
Calcio	,347	6	,023	,770	6	,031
Magnesio	,298	6	,102	,852	6	,163
Potasio	,265	6	,200*	,903	6	,389
Sodio	,196	6	,200*	,885	6	,292
Cadmio	,297	6	,105	,843	6	,139
Plomo	,203	6	,200*	,895	6	,343
Cobre	,270	6	,196	,814	6	,078
Hierro	,302	6	,094	,792	6	,049
Zinc	,206	6	,200*	,886	6	,299
Manganeso	,254	6	,200*	,876	6	,251

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

Concerniente a la aplicación del estudio estadístico para comparar si existe una correlación de las dos muestras de plantas de suelos disturbados y no disturbados los resultados nos muestran a un nivel de confianza del 95 % que existe una buena correlación de Pearson entre ambas muestras que el contenido de metales pesados en la composición de la planta nada tiene que ver con las características de los suelos en cuanto a su composición fisicoquímica y química.

### Correlaciones

		Suelo Disturbado	Suelo No Disturbado
Suelo Disturbado	Correlación de Pearson	1	,316*
	Sig. (bilateral)		,034
	N	45	45
Suelo No Disturbado	Correlación de Pearson	,316*	1
	Sig. (bilateral)	,034	
	N	45	45

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

#### 2.4. Prueba de la Hipótesis

Referente a la hipótesis general sobre el comportamiento de la planta *Senecio collinus* sobre su acción bioacumuladora 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, también el estudio nos muestra que no existe una variación considerable con respecto a que crezca en un suelo disturbados y no disturbados de la zona de la laguna Yanamate.

Con respecto a la hipótesis específica planteado en el estudio también podemos concluir con lo siguiente que la concentración de la absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en suelo no disturbados es significativamente tanto como en la raíz, tallo y hojas.

La concentración de absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en suelo disturbados es significativamente en cuanto a la absorción de metales en la planta.

Podemos apreciar que la concentración de absorción de metales en la planta *Senecio collinus* en suelos no disturbados también se nota el mismo comportamiento de adaptabilidad y crecimiento en la zona de la laguna Yanamate.

## CONCLUSIONES

Se llegó a las siguientes conclusiones de la investigación:

1. Se concluye a un nivel de confianza del 95 %, que las muestras de plantas de *Senecio collinus* en suelos disturbados y no disturbados, muestran una distribución normal en gran parte de los resultados de los análisis realizados
2. Según los resultados efectuados en la muestra de la planta *Senecio collinus* en crecimiento en el suelo disturbado y no disturbado, al ser analizado por el programa SPSS, mostro una buena correlación en los datos de las muestras tanto en el suelo disturbado y no disturbado.
3. Las características de los suelos en cuanto a su composición fisicoquímica y química, no influyen en la absorción de metales que realiza la planta.
4. En lo referente al comportamiento de bio-absorción contenido de metales pesados en la composición de la planta de *senecio collinus*, la absorción de metales no tiene que ver si el suelo es disturbado o no disturbado.

## RECOMENDACIONES

Se llegó a las siguientes recomendaciones

1. Se recomienda que se debe aprovechar realizar los trabajos de remediación de suelos en la laguna Yanamate con la reforestación con el uso de la planta de Senecio collinus.
2. Las autoridades regionales y locales deben buscar alternativas de solución a estos graves problemas de contaminación que vienen afectando a los recursos naturales en la región Pasco, como es el caso de la laguna Yanamate.
3. La fiscalía ambiental, el OEFA y la policía ecológica deben actuar cuando se atenta contra los recursos naturales, aplicando sanciones drásticas a los que causen problemas de contaminación de los recursos hídricos.
4. Se recomienda crear grupos ecológicos con estudiantes de la universidad, tanto de la facultad de ingeniería ambiental y de ingeniería agrónoma, que ayuden con el proceso de biorremediación de la laguna Yanamate.



## BIBLIOGRAFIA

1. Arakaki M, Cano A. Composición florística de la cuenca del río Ilo-Moquegua y lomas de Ilo, Moquegua. *Rev. Per. biol.* 2003; 10 (1): 5-15.
2. Beltrán, H.; A. Granda, B. León, A. Sagástegui, I. Sánchez & M. Zapata. 2006. Asteráceas endémicas del Perú. En B. León, J. Roque, C. Ulloa, N. Pitman, P. M. Jorgensen & A. Cano (eds.), *El Libro Rojo de las Plantas endémicas del Perú*. *Rev. Peru Biol. Núm. Esp.* 13(2): 64s-164s.
3. Beltrán, H. 2002. *Senecio albaniae* (Asteraceae-Senecioneae), a New Species from Central Peru. *Novon* 12: 35–37.
4. Beltrán, H. & Galán De Mera. 1997. *Senecio icaensis* sp. nov. (ASTERACEAE), un nuevo endemismo de las lomas costaneras del Perú. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 55 (1): 168-170.
5. Beltrán, H. & Galán De Mera. 1998. *Senecio larahuinensis* sp. nov. (ASTERACEAE), una nueva especie de los andes peruanos. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 56 (1): 168-169.
6. Bremer, K. 1994. *Asteraceae. Cladistic and Classification*. Timber Press. Portland, Oregon.
7. Cabrera AL. La vegetación de la puna Argentina. INTA, *Rev. Invest. Agric.* 1957; 11 (4): 317-412.
8. Brako, L. & J. Zarucchi. 1993. *Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú*. *Monographs in systematic botany from Missouri Botanical Garden*, vol. 45. Missouri: MBG.
9. Bremer, K. 1994. *Asteraceae. Cladistic and Clasification*. Timber Press. Portland, Oregon.

10. Cabrera, A. 1985. *El Género Senecio (Compositae) en Bolivia*. Darwiniana 26: 79 - 217imber Press.
11. Cerrate, E. 1969. *Manera de preparar plantas para Herbario*. Mus. His. Nat. Serie de divulgaciones N.1.
12. Lot, E. & F. Chiang (Compiladores). 1986. *Manual de Herbario*. Consejo Nacional de la Flora de México, México. 1- 42 pp.
13. Luján-Roca D, Ibarra-Trujillo J y Mamani-Huamán E. *Resistencia a los antibióticos en aislados clínicos de Pseudomonas aeruginosa en un hospital universitario en Lima, Perú*. Rev Biomed. 2008, 19(3):156-160.
14. Meza, I. 1966. *Contribución al conocimiento de mlas compuestas de Canta*. Tesis, Biólogo en Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
15. Montesinos, D. 2014. *Three new caespitose species of Senecio (Asteraceae Senecioneae) from South Peru*. PhytoKeys 39: 1–17.
16. McBride et al. *Flora of Peru*. , Botanical Series. Chicago: Field Museum of Natural History; 1936.
17. Pelsner, P. B., B. Nordenstam, J. W. Kadereit & L. E. Watson. 2007. *An ITS phylogeny of tribe Senecioneae (Asteraceae) and a new delimitation of Senecio L*. Taxon 56(4): 1077-1104.
18. Ulloa Ulloa C, Zarucchi JL, León B. *Diez años de adiciones a la flora del Perú*. Arnaldoa 2004; Ed. Esp.: 7-242.
19. UICN. 2001. *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN. Versión 3.1. Preparado por la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido*. ii + 33 pp
20. Sanchez I. *Aspectos florísticos de la jalca y alternativas de manejo sustentable*. En: Anales del Simposio Estrategias para Bioconservacion en el Norte del Peru. Arnaldoa Ed. Esp. 1996; 4 (2): 25-62..

21. *Vision, T. J. & M. O. Dillon. 1996. Sinopsis de Senecio L. (Senecioneae, Asteraceae) para el Perú. Arnaldoa 4(1): 23–46.*
22. *Zambrano A y Herrera N. Susceptibilidad microbiana de cepas de Pseudomonas aeruginosa en el laboratorio del Hospital regional Dr. Leonardo Guzmán de Antofagasta, Chile. Rev Chil Infectol. 2004, 21(2): 117-124.*

# **ANEXOS**

**ANEXO 01:**

**Titulado “Absorción de metales en la planta Senecio collinus en suelos disturbados y no disturbados en la zona de la Laguna Yanamate, con la finalidad de realizar una remediación ambiental”**

PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICOS	OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICOS	VARIABLES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	DISEÑO METODOLÓGICO
<p><b>Problema General</b> ¿Cuáles serán los resultados del análisis comparativo de la absorción de metales en la planta Senecio collinus en los suelos disturbados y no disturbados de la zona de la laguna Yanamate?</p> <p><b>Problemas específicos</b> -¿Cuál es la concentración de absorción de metales en la planta Senecio collinus en el área de suelos no disturbados de la zona de la laguna Yanamate? -¿Cuál es la concentración de absorción de metales en la planta Senecio collinus en el área de suelos disturbados de la zona de la laguna Yanamate? - ¿Cuál es la concentración de absorción de metales en la planta Senecio collinus sobre el área disturbada y no disturbada sobre la zona de la laguna Yanamate?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar el análisis comparativo de la absorción de metales en la planta Senecio collinus en los suelos no disturbados y no disturbados de la zona de la laguna Yanamate</p> <p><b>Objetivos específicos</b> - Determinar la concentración de absorción de metales en la planta Senecio collinus en el área de suelos no disturbados de la Laguna Yanamate. - Determinar la concentración de absorción de metales en la planta Senecio collinus sobre en el área de suelos disturbados de la Laguna Yanamate. - Comparar la concentración de absorción de metales de la planta Senecio collinus sobre el área de suelos disturbados y no disturbados en la zona de la laguna Yanamate.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> La planta Senecio collinus es una planta bioacumuladora que absorbe metales, que servirá para realizar el análisis comparativo en el suelo disturbados y no disturbados de la zona de la laguna Yanamate.</p> <p><b>Hipótesis específica</b> •La concentración de la absorción de metales en la planta Senecio collinus en suelo no disturbados es significativamente bajo. •La concentración de absorción de metales en la planta Senecio collinus en suelo disturbados es significativamente alto. • La concentración de absorción de metales en la planta Senecio collinus en suelos no disturbados varia significativamente respecto a los suelos disturbados en la zona de la laguna Yanamate.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Especie Senecio collinus (VD)</p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Absorción de metales (VD)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cámara fotográfica.</li> <li>- Picota para tomar las muestras en cada área.</li> <li>- Recipientes para tomar muestras de las especies Senecio Collinus para el análisis químico en el laboratorio.</li> <li>- Bolsas de un kilo para llevar las muestras al laboratorio.</li> <li>- Cuaderno de campo.</li> </ul>	<p>El diseño de investigación ha sido no experimental porque no se ha realizado ningún control de las variables, se le asigna un diseño solo pos prueba con dos grupos no equivalentes que está formado por un grupo en el que se aplica la evaluación en un suelo disturbado “X” y al otro no se aplica en un suelo no disturbado “Y”.</p>

## ANEXO 02:

### Reporte de análisis de muestra de la planta *Senecio collinus*



**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 941531859  
 analisisdeinmuebles@unases.com



**ANALISIS ESPECIAL**

SOLICITANTE			NATHALY GOMEZ TIMOTEO				PROCEDENCIA				YANAMATE - PASCO							
DATOS DE LA MUESTRA			ANALISIS PROXIMAL								RESULTADOS EN BASE SECA							
Senecio collinus			Humedad H <sub>2</sub> O (%)	EN BASE HUMEDA		EN BASE SECA		PORCENTAJE (%)					PARTES POR MILLON (ppm)					
Código	Tipo	Referencia		MATERIA SECA		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_0188	RAIZ	SD	9.85	87.60	2.54	97.18	2.82	0.09	0.58	0.23	0.02	0.23	1.54	5.33	10.89	315.57	17.25	14.65
ME2019_0189	TALLO	SD	7.46	88.74	3.81	95.89	4.11	0.23	0.54	0.19	0.11	1.72	0.98	2.12	13.10	209.57	33.58	29.13
ME2019_0193	HOJA	SD	10.13	76.72	13.14	85.37	14.63	0.28	1.28	0.50	0.20	1.62	3.02	8.78	21.41	2196.11	60.39	146.65
ME2019_0190	HOJA	IND	10.06	81.59	8.35	90.71	9.29	0.55	2.20	0.72	0.04	0.59	0.86	5.13	34.11	1191.18	61.04	111.64
ME2019_0191	TALLO	IND	8.25	88.55	3.40	96.29	3.71	0.22	0.39	0.27	0.04	1.00	4.25	1.89	11.41	511.17	47.38	53.42
ME2019_0192	RAIZ	IND	7.92	90.11	1.97	97.86	2.14	0.08	0.41	0.30	0.15	0.30	0.54	4.45	15.39	262.54	54.50	34.20

IND: VALOR NO DETECTABLE

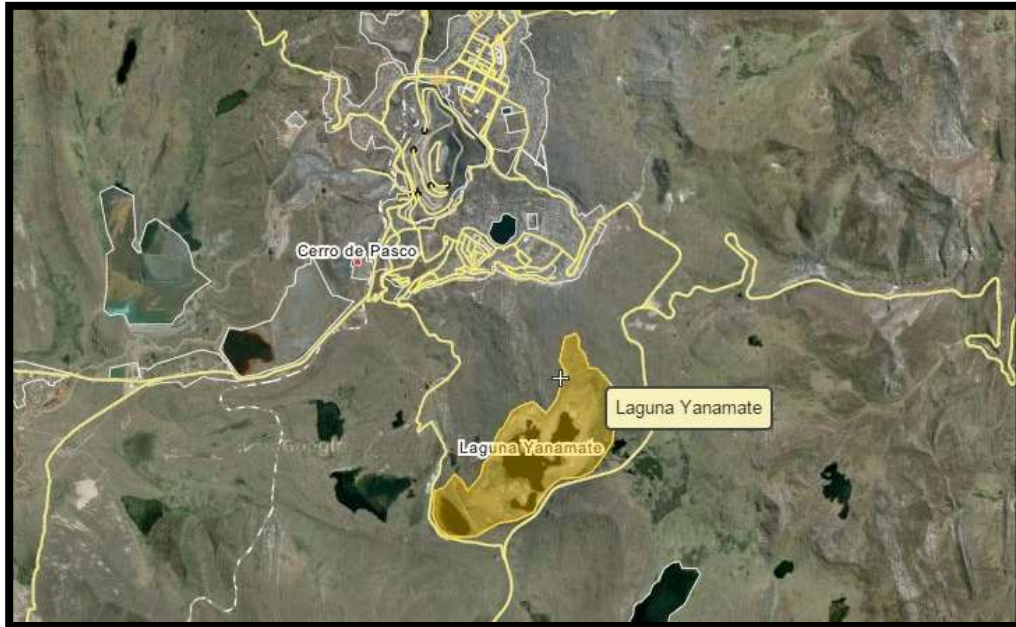
MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

TINGO MARIA, 25 DE JUNIO DEL 2019

RECIBO Nº 0384014




Plano satelital 01: Ubicación de la laguna Yanamate



*Fotografía No. 8: Reconocimiento del lugar para realizar la toma de muestra*

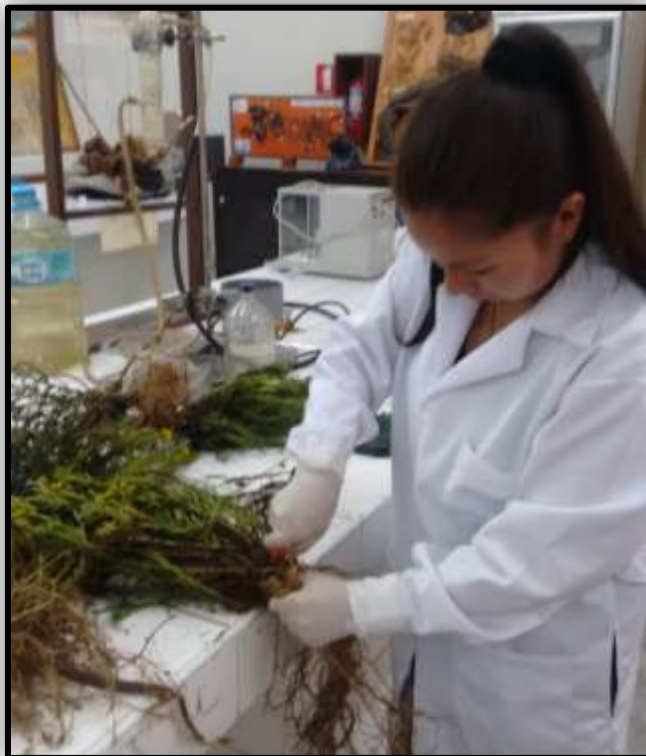




*Fotografía No. 9: En el laboratorio para realizar el lavado de las plantas de Senecio collinus, para quitar el suelo impregnado.*



*Fotografía No. 10: Separación de los tallos, hojas y raíz de las plantas de Senecio collinus,*





*Fotografía No. 11: Medición de la muestra raíz del Senecio collinus.*



*Fotografía No. 12: Muestra raíz del senecio collinus.*



*Fotografía No. 13 y 14: Muestra hojas del senecio collinus.*



*Fotografía No. 15: Muestra tallos del Senecio collinus.*



Fotografía No. 16: *Colocando las muestras para ser secadas respectivamente*



Fotografía No. 17: *Una vez secadas empezamos a pulverizar cada muestra*



Se

*Fotografía No. 18: Muestra pulverizada para zarandear a malla No. 100.*



*Fotografía No. 19: Codificado cada muestra para ser llevada al laboratorio*

