

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“DETERMINACIÓN DE LA HIPERACUMULACIÓN DE
METALES PESADOS Cd, Pb Y As EN LA PLANTA NATIVA
TAYA (*Baccharis tola* Phil.) DE LA DESMONTERA MINERA
RUMIALLANA ENTRE LOS DISTRITOS DE YANACANCHA Y
SIMÓN BOLÍVAR, PASCO, 2019 - 2020”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Solis Canta, Steffany Susan

ASESOR: Riveros Agüero, Elmer

HUÁNUCO – PERÚ

2020

U

D

H



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

TIPO EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Modelación, análisis y control de la contaminación ambiental

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2018-2019)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera Ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 46737658

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 28298517

Grado/Título: Maestro en administración y gerencia en salud

Código ORCID: 0000-0003-3729-5423

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Salas Vizcarra, Cristian Joel	Magister en derecho y ciencias políticas derecho procesal	41135525	0000-0003-4745-4889
2	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Torres Marquina, Marco Antonio	Ingeniero metalurgista	22514557	0000-0003-4006-7683



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

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día 13 del mes de Marzo del año 2020, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Mg. CRISTIAN JOEL SALAS VIZCARRA (Presidente)

Mg. FRANK ERICK CAMARA LLANDS (Secretario)

ING. MARCO ANTONIO TORRES MORAQUIN (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 192-2020-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada:

"DETERMINACIÓN DE LA HIPERACUMULACIÓN DE METALES PESADOS Cd, Pb y As EN LA PLANTA NATIVA TAYA (Baccharis tola Phil.) DE LA DESMONTERA MINERA RUMIALLANA ENTRE LOS DISTRITOS DE YANA CANCHA Y SIMÓN BOLÍVAR PASCO, 2019-2020"

presentada por el (la) Bachiller Stefany Susam SOLIS CONTRA, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Ambiental

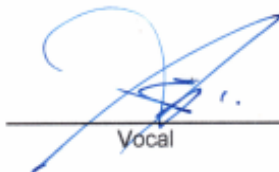
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 16:50 horas del día 13 del mes de Marzo del año 2020, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Presidente


Secretario


Vocal

DEDICATORIA

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por todas sus bendiciones, por ayudarme y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante toda la etapa de mi formación.

A mis padres por su amor y apoyo incondicional que me brindan en todo momento, por transmitirme siempre su gran ejemplo de perseverancia y constancia de salir adelante, por enseñarme el camino de la vida, por siempre confiar en mí y por enseñarme a dar lo mejor de mí en todo, los amo.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco, por acogerme durante todo el periodo de estudios y por los conocimientos adquiridos de los ilustres profesionales de esta casa superior.

A mi familia y amigos que siempre estuvieron apoyándome, gracias por su comprensión, por la estima recibida, sin la cual no hubiese tenido la fuerza y energía necesarias para crecer como persona y como profesional.

A Livio por su apoyo incondicional en todo este proceso, gracias por darme fuerzas y valor para seguir adelante en este proyecto y cada palabra de ánimo entregada.

A Omar por ser mi mano derecha durante todo este tiempo; te agradezco por tu desinteresada ayuda, por aportar considerablemente en mi proyecto, gracias no solo por la ayuda brindada también por el constante aliento para terminar esta etapa.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	XI
SUMMARY	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1 Formulación del problema general.	16
1.2.2 Formulación de los problemas específicos.	16
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo general.	16
1.3.2 Objetivos específicos.	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN:	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN:	19
CAPÍTULO II	20
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.1.1 Antecedentes internacionales.	20
2.1.2 Antecedentes nacionales.	26
2.1.3 Antecedentes locales.	32
2.2. BASES TEÓRICAS	36
2.2.1 Los metales pesados en el suelo.	36
2.2.1.1 Metales Pesados.	36
2.2.1.2 Procedencias de los metales pesados en los suelos. ..	37
2.2.2 Contaminación de suelos por metales pesados.	37
2.2.2.1 Dinámica de los metales pesados en el suelo.	38
2.2.2.2 Biodisponibilidad de Metales Pesados.	38
2.2.3 Desmontera minera Rumiallana.	39

2.2.4 Efecto de los metales pesados en los seres vivos.....	40
2.2.5 Remediación de suelos contaminados por metales pesados.	41
2.2.5.1 Métodos Convencionales.	41
2.2.6 Fitorremediación de suelos contaminados.	42
2.2.6.1 Técnicas de Fitorremediación.....	43
2.2.6.2 Fitoextracción mediante plantas “hiperacumuladoras”. ..	44
2.2.7 Índices de valoración de tolerancia de plantas a metales pesados. ...	46
2.2.8 Planta desarrollada en la desmontera minera Rumiallana.....	48
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES:	51
2.4. HIPÓTESIS	52
2.4.1 Hipótesis General.....	52
2.4.2 Hipótesis Específicas.	52
2.5. VARIABLES E INDICADORES	53
2.5.1 Variable de Caracterización.	53
2.5.2 Variable de Interés.	53
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (dimensiones e indicadores): ...	55
CAPÍTULO III	56
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	56
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:	56
3.1.1 Enfoque de la investigación.	56
3.1.2 Alcance o nivel de la investigación.....	56
3.1.3 Diseño de la investigación.....	57
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	57
3.2.1 Población.	57
3.2.2 Muestra.....	58
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	58
3.3.1 Procedimiento de recolección de datos.....	58
3.3.2 Muestreo de toma de muestra de planta y suelo.....	59
3.3.3 Técnica e Instrumento para la recolección de datos.....	62
3.3.4 Para la presentación de datos.....	63
3.3.5 Para el análisis e interpretación de los cuadros.	63
CAPÍTULO IV.....	64
4. RESULTADOS.....	64
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	64
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	75
CAPÍTULO V.....	78

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	78
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS	86
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Vértice de ubicación de la desmontera minera Rumiallana	19
Tabla 2: Vértices-WGS-84 de la desmontera minera Rumiallana.....	40
Tabla 3: Rutas de Acceso	40
Tabla 4: Vértices-WGS-84 de la desmontera minera Rumiallana.....	58
Tabla 5: Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos	62
Tabla 6: Técnicas del procesamiento y análisis de datos	63
Tabla 7: Concentración de metales pesados Cd, Pb y As - parte aérea.....	64
Tabla 8: Resumen de la Estadística Descriptiva - P.A.....	64
Tabla 9: Análisis de Varianza (ANOVA) - P. A.....	65
Tabla 10: Concentración de metales pesados Cd, Pb y As - R	66
Tabla 11: Resumen de la Estadística Descriptiva - R	66
Tabla 12: Análisis de Varianza (ANOVA)- R.....	67
Tabla 13: Concentración de metales pesados Cd, Pb y As – S.R	67
Tabla 14: Resumen de la Estadística Descriptiva – S.R.....	68
Tabla 15: Análisis de Varianza (ANOVA)- S.R.....	69
Tabla 16: Factor de Bioconcentración – P.A.....	69
Tabla 17: Resumen de la Estadística Descriptiva - FBC- P.A	70
Tabla 18: Factor de Bioconcentración - R.....	70
Tabla 19: Resumen de la Estadística Descriptiva – FBC- R.....	70
Tabla 20: Factor de Traslocación.....	71
Tabla 21: Resumen de la Estadística Descriptiva - FT	71
Tabla 22: Comparación del FBC – FT con otras investigaciones	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Características morfológicas (Baccharis tola Phil).....	49
Figura 2.Diseño de la investigación.	57
Figura 3.Rotulación para muestra planta.	60
Figura 4.Rotulación para muestra suelo.	61
Figura 5.Criterio 01 – Cd>100mg/kg, Pb y As>1000mg/kg.....	72
Figura 6.Criterio 02 – FBC - Parte aérea	73
Figura 7.Criterio 02 – FBC - Raíz.....	74
Figura 8.Criterio 03 - FT.....	75
Figura 9.Reconocimiento de la planta que cumple con los criterios.	102
Figura 10.Preparación de las herramientas, equipos y colocación de los implementos de protección personal.	102
Figura 11.El trabajo se comenzó limpiando el área y tomando las coordenadas de la muestra con el GPS.	103
Figura 12.Se midió la altura de la planta para ver si cumple con el criterio (altura mayor a 50cm).....	103
Figura 13.Se ve la presencia de la raíz y se empezó con la liberación de la raíz.....	104
Figura 14.Luego se midió la profundidad del suelo; y posteriormente se realizó el cuarteo.....	104
Figura 15.Pesado de la muestra de suelo y sellado de muestra suelo; y llenado de etiquetas.	105
Figura 16.Pesado de la raíz y llenado de la raíz.	105
Figura 17.Etiquetado de la raíz y pesado de la parte aérea.	105
Figura 18.Etiquetado de la parte aérea y llenado de la cadena de custodia.	106
Figura 19.El trabajo se comenzó limpiando el área y se tomó las coordenadas de la muestra con el GPS.	106
Figura 20.Medición de la altura de la planta y luego se empezó con la liberación de la raíz.	107
Figura 21.Luego se midió la profundidad del suelo y posteriormente se realizó el cuarteo del suelo.	107

Figura 22. Pesado de la muestra de suelo, llenado y etiquetado; pesado de la raíz y llenado de la raíz.	107
Figura 23. Etiquetado de la raíz y pesado de la parte aérea.	108
Figura 24. Etiquetado de la parte aérea y llenado de la cadena de custodia.	108
Figura 25. Reconocimiento de la planta y luego se tomó las coordenadas de la muestra con el GPS.	109
Figura 26. Se midió la altura de la planta posteriormente se empezó con la liberación de la raíz.	109
Figura 27. Medición de la profundidad del suelo y luego se realizó el cuarteo respectivo.	110
Figura 28. Llenado, pesado, sellado y etiquetado de la muestra de suelo.	110
Figura 29. Llenado, pesado de la raíz la parte aérea.	111
Figura 30. Llenado de la cadena de custodia, luego se procedió al llenado de las muestras en la caja Tecnopor.	111
Figura 31. Se realizó el sellado de las muestras.	112

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia	92
Anexo 2: Resultados de Análisis de Metales pesados en foliar y suelo.....	93
Anexo 3: Cadena de custodia.....	99
Anexo 4: Mapa de Ubicación	101
Anexo 5: Imágenes de trabajo desarrollado	102

RESUMEN

El presente estudio de investigación tuvo como **objetivo** determinar si la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, es hiperacumuladora de los metales pesados Cd, Pb y As.

La **metodología** de la investigación es mixta (enfoques tanto cuantitativo y cualitativo). Así mismo, el nivel de investigación es descriptivo, porque se describió, analizó e interpretó la concentración de metales pesados Cd, Pb y As en la planta y su respectivo suelo rizósferico. Con un diseño no experimental transversal descriptivo. Teniéndose como población a la planta Taya que se desarrolla en la desmontera Rumiallana, siendo así las muestras recolectadas por el método no probabilístico, y según criterio; en la cual se recolectó 03 muestras de la planta (parte aérea y raíz) y su respectivo suelo rizósferico. Por otra parte, se utilizó para el análisis de información la estadística descriptiva y el análisis de varianza (ANOVA) indicándonos que nuestros datos de las tres repeticiones no tienen diferencias significativas, por lo que se trabajó con el promedio de las repeticiones para el cálculo del FT y FBC. Hay que mencionar, además que se utilizó el programa de Excel y SPSS. v25.

Las muestras fueron enviadas a ser analizadas al laboratorio de UNALM, obteniéndose los siguientes **resultados** promedios de la planta los cuales son: en la parte aérea es 7.61 mg/kg de Cd, 41.14 mg/kg de Pb y 4.64 mg/kg de As; en la raíz 7.48 mg/kg de Cd, 384.69 mg/kg de Pb y 7.55 mg/kg de As; y en el suelo rizósferico 32.12 mg/kg de Cd, 5369.44 mg/kg de Pb y 17.65 mg/kg de As. Así mismo se calculó el FBC y FT de dicha planta, obteniéndose valores del FBC en la parte aérea Cd =0.51, Pb=0.03 y As=0.26; y en la raíz Cd =0.58, Pb=0.10 y As=0.43; y para el F.T 1.00 para Cd, 0.41 para Pb y 0.62 para As. Posteriormente se determinó los tres criterios que debe cumplir la planta para ser considerada como hiperacumuladora, comprobándose así que la planta no cumple con dichos criterios.

Luego de la evaluación de los criterios se llegó a la **conclusión** que la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) no se considera como hiperacumuladora, pudiéndose así considerar como una posible planta fitoestabilizadora.

Palabras Clave: Hiperacumuladora, Metales Pesados, Factor de Traslocación, Factor de Bioconcentración y Fitoestabilización.

SUMMARY

The objective of this research study was to determine if the native plant Taya (*Baccharis tola* Phil.) That develops in the Rumiallana mining wasteland, is a hyper-accumulator of heavy metals Cd, Pb and As.

The research methodology is mixed (both quantitative and qualitative approaches). Likewise, the research level is descriptive, because the concentration of heavy metals Cd, Pb and As in the plant and its respective rhizosphere soil was described, analyzed and interpreted. With a descriptive transversal non-experimental design. Taking as a population the Taya plant that develops in the Rumiallana wasteland, thus being the samples collected by the non-probabilistic method, and according to criteria; in which 03 samples of the plant (aerial part and root) and their respective rhizospheric soil were collected. On the other hand, descriptive statistics and analysis of variance (ANOVA) were used for the information analysis, indicating that our data of the three repetitions did not have significant differences, so we worked with the average of the repetitions to calculate the FT and FBC. It should also be mentioned that the Excel and SPSS program was used. v25.

The samples were sent to be analyzed at the UNALM laboratory, obtaining the following average results of the plant which are: in the aerial part it is 7.61 mg / kg of Cd, 41.14 mg / kg of Pb and 4.64 mg / kg of As; in the root 7.48 mg / kg of Cd, 384.69 mg / kg of Pb and 7.55 mg / kg of As; and in rhizospheric soil 32.12 mg / kg of Cd, 5369.44 mg / kg of Pb and 17.65 mg / kg of As. Likewise, the FBC and FT of said plant were calculated, obtaining values of the FBC in the aerial part Cd = 0.51, Pb = 0.03 and As = 0.26; and in the root Cd = 0.58, Pb = 0.10 and As = 0.43; and for the T.F 1.00 for Cd, 0.41 for Pb and 0.62 for As. Subsequently, the three criteria that the plant must meet to be considered as hyperaccumulator were determined, thus verifying that the plant does not meet these criteria.

After evaluating the criteria, it was concluded that the native plant Taya (*Baccharis tola* Phil.) Is not considered as hyperaccumulating, thus being considered as a possible phytostabilizer plant.

Keywords: Hyperaccumulator, Heavy Metals, Traslocation Factor, Bioconcentration Factor and Phytostabilization.

INTRODUCCIÓN

La región de Pasco tiene como una de sus principales características socioeconómicas, la actividad minera. Actualmente se viene extrayendo minerales como: cobre, plomo, zinc, oro y plata a través de diferentes concesiones mineras.

En los distritos de la región existen pasivos mineros que vienen contaminando el aire, agua y el suelo; siendo el distrito Simón Bolívar uno de ellos, donde se ubica la desmontera minera Rumiallana que es considerada como un pasivo ambiental, que ha venido acumulando material minero de baja ley, durante las tres últimas décadas, producto de las actividades mineras.

Por lo que viene a ser uno de los mayores problemas ambientales generados por la minería. Diversos informes han demostrado que más de 2000 niños presentan cadmio, plomo, arsénico y mercurio en sus cuerpos. Hay más de 40 niños identificados con enfermedades vinculadas a esta contaminación, especialmente diversos tipos de cáncer (Derechos sin fronteras, 2018).

Por lo que el objetivo de la presente investigación, está enfocado en determinar si la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) es hiperacumuladora de metales pesados: Pb, Cd y As, ya que en dicho lugar se observó el crecimiento de plantas nativas, entre ellas la que se encuentra en mayor abundancia es la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil). Para posteriormente poder aplicarlo en las técnicas de fitorremediación, el cual ayudará a futuros investigadores enfocados en solucionar problemas en suelos contaminados con metales.

La fitorremediación de suelos contaminados se da a través de plantas, utilizándose técnicas como: fitoextracción, fitoestabilización y otros más; para la fitoextracción se utiliza plantas hiperacumuladoras que tiene como característica principal, acumular metales pesados en mayor proporción en la parte aérea, las cuales pueden ser fácilmente cosechables. Para poder determinar a una planta como hiperacumuladora, esta debe cumplir con los siguientes criterios: Acumular elevadas concentraciones de metales pesados

en su parte aérea, estos valores deben ser $Cd > 100 \text{ mg/kg}$, Pb y $As > 1000 \text{ mg/kg}$. El Factor de Bioconcentración (FBC) y el Factor traslocación (FT) deben ser mayor a 1.

El proyecto de investigación está constituido por cinco capítulos. En el capítulo I el tema a tratar es el Problema de la Investigación que consiste en la descripción del problema presente, para luego formular el problema, los objetivos, justificación, limitaciones y la viabilidad de la presente investigación

En el capítulo II el tema a tratar es el Marco Teórico que consiste en los antecedentes que están relacionados con la investigación, así mismo se menciona a las bases teóricas, definiciones conceptuales, hipótesis, variables e indicadores, y por último la operacionalización de variables de la investigación.

En el capítulo III el tema a tratar es la Metodología de Investigación que consiste en el tipo de investigación, población y muestra, y las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV el tema a tratar son los Resultados de la Investigación que consiste en el procesamiento de datos, contrastación de hipótesis y prueba de hipótesis. En lo cual el análisis de información se realizó mediante la estadística descriptiva y análisis de varianza (ANOVA).

Y por último en el capítulo V el tema a tratar es la Discusión de Datos que consiste en la discusión de la investigación con otras investigaciones internacionales, nacionales y locales mencionadas en los antecedentes.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La actividad minera viene a ser una de las principales actividades de la Ciudad de Cerro de Pasco, el cual viene aportando económicamente al desarrollo de la región y del país. La extracción y explotación de estos recursos se remonta desde la época prehispánica hasta nuestros días (Gobierno Regional de Pasco, 2016), generando así grandes volúmenes de desmontes mineros, los cuales son acumulados de forma permanente en diferentes desmontaras mineras, entre ellas se encuentra Rumiallana.

El desmonte que se acumulada en la desmontera minera Rumiallana es producto del material estéril provenientes del tajo Raúl Rojas de propiedad de Cerro SAC, acumulado durante las tres últimas décadas, siendo fuente de contaminación por metales pesados, que viene afectando en las poblaciones de los distritos de Simón Bolívar y Yanacancha, pero en mayor proporción al Nor Este hacia la población de Mariátegui, debido a la dirección del viento. (Ramos, 2019).

Las altas concentraciones de metales pesados y bajo contenido de materia orgánica, más un pH muy bajo, hacen del relave un sustrato altamente desfavorable para el desarrollo de la vida vegetal. A pesar de ello, diversas investigaciones de zonas mineros en diferentes partes del mundo han demostrado que algunas especies vegetales son capaces de desarrollarse en estas zonas. Esto se explica debido a que estas plantas tienen una alta tolerancia de aceptación de los metales pesados (Ginocchio, 1996). Este fenómeno se puede observar en el área de la desmontera minera Rumiallana, por lo que se plantea la siguiente interrogante.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Formulación del problema general.

¿Cuál es la determinación de la hiperacumulación de metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa Taya (*Baccharis tola Phil.*) de la desmontera minera Rumiallana entre los distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, Pasco, 2019-2020?

1.2.2 Formulación de los problemas específicos.

¿Cuál es la concentración de los metales pesados Cd, Pb y As en la parte aérea de la planta nativa Taya (*Baccharis tola Phil.*) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana?

¿Cuál es la concentración de los metales pesados Cd, Pb y As en la raíz de la planta nativa Taya (*Baccharis tola Phil.*) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana?

¿Cuál es la concentración de los metales pesados Cd, Pb y As en el suelo rizósferico de la planta nativa Taya (*Baccharis tola Phil.*) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana?

¿Cuál es el Factor de Bioconcentración y Traslocación de la planta nativa Taya (*Baccharis tola Phil.*) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, de los metales pesados Cd, Pb y As?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

Determinar la hiperacumulación de metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa Taya (*Baccharis tola Phil.*) de la desmontera minera de Rumiallana.

1.3.2 Objetivos específicos.

Determinar la concentración de metales pesados Cd, Pb y As en la parte aérea de la planta nativa Taya (*Baccharis tola Phil.*) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana.

Determinar la concentración de metales pesados Cd, Pb y As en la raíz de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana

Determinar la concentración de metales pesados Cd, Pb y As en el suelo rizósferico de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana.

Determinar el Factor de Bioconcentración y Traslocación de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, de los metales pesados Cd, Pb y As.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- **Justificación teórica**

Para determinar si la planta nativa es hiperacumuladora debe cumplir con los siguientes criterios:

Acumular elevadas concentraciones de metales pesados en su parte aérea, estos valores deben ser Cd>100 mg/kg, Pb y As>1000 mg/kg. El Factor de Bioconcentración (FBC) y el Factor traslocación (FT) de los metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) deben ser mayor a 1.

- **Justificación metodológica**

La metodología usada para determinar si la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) es hiperacumuladora, fue mediante la toma de muestras de dicha planta y el suelo rizósferico correspondiente, luego que se analizaron en el laboratorio a fin de evaluar las concentraciones de los metales pesados Cd, Pb y As y seguidamente se determinó el factor de bioconcentración (FBC) y el factor de traslocación (FT), por último, se interpretó los resultados.

- **Justificación práctica**

El uso de plantas hiperacumuladoras implica la disminución de los metales pesados en el suelo contaminado, siendo estos acumulados

y traslocados de las raíces hacia la parte aérea de la planta. Estas plantas hiperacumuladoras se ha propuesto para disminuir las concentraciones tóxicas de metales pesados de suelos contaminados, para descontaminar y restaurar la fertilidad de áreas contaminadas, evitando excavaciones extensivas, y elevando costos o pérdidas de suelo superficial.

Estas plantas hiperacumuladoras son capaces de acumular cantidades significativas de metales pesados en su parte aérea, la cual posteriormente ha de ser cosechada y tratada como un desecho contaminado, siendo muy importante categorizar a esta planta del presente estudio como hiperacumuladora considerándola como alternativa técnica de fitoextracción en suelos contaminados con metales pesados siendo estos los pasivos mineros.

- **Justificación social**

La presente investigación ayudará a las empresas mineras para tomar como alternativa en fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados a través de una planta hiperacumuladora, y así poder mitigar los impactos ambientales que generan dichas empresas, al ser humano y al ambiente. Beneficiándose indirectamente las poblaciones que se encuentra en contorno de la desmontera minera Rumiallana.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- **Limitaciones sociales**

La empresa minera solo nos permitió tomar 3 muestras de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) para la investigación.

- **Limitaciones económico**

Falta de laboratorios especializados en el tema a investigar dentro de la ciudad, por lo que se eleva el costo de investigación debido al traslado de las muestras y su análisis, debido a eso solo nos limitamos al estudio de una sola planta.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

- **Viabilidad social**

Es viable la investigación porque se encontraron investigaciones donde se toman 3 muestras de planta, por lo que sí es posible tomar dicha muestra. Y cumple con las condiciones que la empresa propuso.

- **Viabilidad económica**

Se dispuso de recursos económicos para dichas muestras; por lo cual el investigador asumió el costo de las diferentes actividades programadas desde la elaboración, ejecución y presentación de los resultados de la investigación.

Ubicación del área del proyecto

La ubicación del área del proyecto que viene a ser la desmontera minera Rumiallana, se ubica entre los distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, en la provincia de Pasco y región Pasco, que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Vértice de ubicación de la desmontera minera Rumiallana

Vértice	Este	Norte	Altitud
A	362040.6	8821214	4349

Fuente: Google Earth

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes internacionales.

Riffo (2016), Concepción - Chile; en su investigación titulada: *“Transferencia de metales pesados Cu, Pb, Zn, Ni, Co y Cr desde un suelo de la comuna de Talcahuano a las plantas Salicornia y Lolium Perenne”*.

El estudio tiene como **objetivo** evaluar si las plantas *Lolium perenne* y *Salicornia* podrían ser utilizadas con fines de fitorremediación (rehabilitadoras de suelos contaminados). En la cual la **metodología** aplicada es de un nivel de investigación experimental, usando las plantas *Lolium perenne* (Césped) y *Salicornia* (Espárrago de mar), que se distribuyeron en 21 maceteros, junto con el suelo de la zona contaminada de Talcahuano. Las plantas fueron analizadas mediante el método TXRF (Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total); la concentración Pseudo-total, en las muestras de suelo fueron analizadas mediante el método de digestión de agua regia y leídas en el equipo ICP-MS (Espectrometría de Masas con fuente de Plasma Acoplado) y para la concentración Biodisponible del suelo se utilizó el método, llamado DTPA (ácido 37 dietilenotriaminopentaacético).

Dicho lo anterior, los **resultados** respecto a la concentración pseudo-total del suelo, el metal con mayor concentración fue Zn con 130,33 mg/Kg, seguido por Cu con 49 mg/Kg y Pb con 46,47 mg/Kg mientras que las de menores concentraciones fueron Ni con 27,48 mg/Kg, seguido de Cr con 18,86 mg/Kg y Co con 13,86 mg/Kg. Y para la concentración biodisponible del suelo, el metal con mayor concentración es Ni con 411,9 mg/Kg, seguido por Co con 25,5 mg/Kg y Zn con 16,99 mg/Kg y con menores

concentraciones son Cu con 6,4 mg/Kg, seguido de Pb con 4,14 mg/Kg y Cr con 1,76 mg/Kg.

Por otro lado, la Fitoextracción con *Lolium Perenne* ó Césped se determinó con los maceteros donde finalmente creció la planta, los cuales son CM2, CM3, CM4, CM5, CM6, PM1, PM2, PM3, PM7, PM8, por lo que se analizó los metales pesados en su parte aérea, raíz y suelo, para ver si se clasifica como planta hiperacumuladora. Por tanto el mayor contenido de los metales Zn, Cu y Ni ha sido acumulado por la raíz de *Lolium perenne* (macetero CM2) y el mayor contenido de los metales Pb y Cr han sido acumulado por la raíz de *Lolium perenne* (macetero CM4), lo cual da a entender que la parte de la planta que acumuló el mayor contenido del total de los metales (Zn, Cu, Pb, Cr y Ni) es la raíz de *Lolium perenne*.

Con respecto al factor de traslocación el (80,65%) de la planta *Lolium Perenne*, dieron menores a 1, teniendo así una mayor concentración de metales retenidos en su raíz que en las hojas y tallo, solo un 19,35% de esta planta fueron valores (entre 1,03 a 1,18) por lo que no cumple con el criterio. Para el factor de bioacumulación la planta al utilizar concentraciones Pseudo-Total del suelo, da que ésta, no actúa como hiperacumuladora, sino como exclusora, siendo así, que las mayores concentraciones se mantienen en el suelo, y no en la raíz o en su parte aérea. En caso contrario, la planta al utilizar concentraciones Biodisponibles del suelo, da que ésta, actúa potencialmente como hiperacumuladora, acumulando la mayor concentración de metales pesados tanto en su raíz como en su parte aérea.

Así mismo, la Fitoextracción con *Salicornia* o Espárrago de Mar, se analizó en el único macetero en el cual creció (macetero CM7), donde el mayor contenido de metales en orden descendiente $Zn > Cu > Cr$, se encuentra en la parte aérea de esta planta. No se encontró el contenido de metales Pb y Ni tanto en su raíz como en su parte aérea.

En el caso de *Salicornia* el factor de traslocación en ambos metales encontrado en esta planta, dieron valores superiores a 1, dando a entender así, que hay una eficiente traslocación y que la planta traslada eficazmente los metales pesados Zn y Cu de la raíz a la parte aérea, por lo que su potencial es la de hiperacumular metales en su parte aérea. Así mismo el FBC para concentraciones Pseudo-total dio valores menores a 1 y para concentraciones Biodisponible dieron valores mayores a 1, por lo cual, la planta no actúa como hiperacumuladora, sino como exclusora.

Por lo tanto, llegó a las siguientes **conclusiones**, para el caso de la fitoextracción, de la comuna de Talcahuano, se puede concluir que ninguna de las 2 plantas analizadas, tanto para concentraciones Pseudo- total como Biodisponible, se comportan como hiperacumuladoras de metal pesado, ya que no cumplen con el tercer parámetro, los cuales son: Primero Factor de Traslocación debe ser mayor a 1; segundo Factor de Bioacumulación, debe ser mayor a 1; y el tercero, la parte aérea de la planta, debe tener concentraciones superiores a 100 mg/Kg para Cd; 1000 mg/Kg para Al, As, Co, Cu, Cr, Ni, Se, Pb y 10000 mg/Kg para Zn y Mn.

Peláez, Bustamante y Gómez (2016), Manizales - Colombia; en su investigación titulada: *“Presencia de Cadmio y Plomo en Suelos y su Bioacumulación en Tejidos Vegetales en Especies de Brachiaria en el Magdalena Medio Colombiano”*

El estudio tiene como **objetivo** determinar la relación entre la presencia de metales pesados como cadmio y plomo en la capa superficial del suelo y la respuesta de especies de pasturas. En la cual la **metodología** aplicada es de un nivel de investigación experimental, donde realizaron el inventario de pasturas en esa región en función de la distancia (100, 500, 2500 y 5000 m) al foco emisor contaminante. Así se muestrearon en las siguientes zonas, tomando como punto central la refinería de Ecopetrol, en el Centro (Barrancabermeja, Santander) así como los pozos de extracción de

Casabe (Yondó, Antioquia), y como zona testigo (supuestamente exenta de contaminación) los predios de la Universidad de la Paz –Unipaz– (vereda El Zarzal, Barrancabermeja). En cada lugar de muestreo se tomó suelo a dos profundidades distintas (5 y 30 cm), siendo cada sitio debidamente georreferenciado.

Dando como **resultados** una alta frecuencia de representantes de la familia Poaceae y de sus géneros de *Brachiaria* spp., con importantes diferencias. La información se interpretó en los tres primeros componentes, donde las variables con mayor peso fueron la profundidad del suelo a 5 y 30 cm, tipo de pastura con predominio de las especies introducidas y el transecto en relación a la distancia focal de las fuentes de contaminación. Así, en la zona de la refinería solo se han detectado dos especies de *Brachiaria*, mientras que en la zona de los pozos de extracción y en la zona testigo se presenta mayor frecuencia de otras especies de *Brachiaria*.

Por lo tanto, se llegó a las siguientes **conclusiones**; en el Magdalena Medio colombiano confluyen actividades industriales y agropecuarias, que arrojan al ambiente metales tóxicos como plomo y cadmio, que contaminan los suelos y agroecosistemas de pastura tropical con dominancia de las especies *Brachiaria*, especialmente *humidicola* y *decumbens*, las cuales se muestran como tolerantes a estos ambientes metalíferos, presentando altos contenidos de estos metales en sus estructuras vegetales, principalmente en las raíces. Por lo cual quedó demostrada la adaptación de las pasturas *Brachiaria* a estos suelos con persistencia alta de metales pesados en sus primeros 5 cm. Por consiguiente, estas plantas presentan bioacumulación de Cd, Pb y As sobre todo en sus sistemas radicales.

Queupuan (2017), Santiago - Chile; en su investigación titulada: “Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de *Atriplex halimus* L.”

El estudio tiene como **objetivo** evaluar la estrategia de fitorremediación inducida para mitigar la contaminación de suelos por plomo mediante el cultivo de *Atriplex halimus* L. Por lo cual la **metodología** aplicada es de un nivel de investigación experimental, se llevó a cabo en las dependencias de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Se determinaron las principales propiedades químicas y extracción secuencial en el suelo. Se establecieron 24 macetas con suelo contaminado con Pb (2.950 mg kg⁻¹) proveniente de La Comuna de Puchuncaví, Región de Valparaíso (Chile), y se incorporó ácido cítrico en dos dosis como agente quelante (4 g L⁻¹ y 8 g L⁻¹) a través del agua de riego. Se evaluó la concentración de Pb de la especie *Atriplex halimus* L. a los 90 y 180 días de ensayo.

Por lo que tuvo como **resultados**, que la aplicación continua de ácido cítrico produjo un aumento significativo en la concentración de Pb en la planta. La dosis de 8 g L⁻¹, permitió obtener las mayores concentraciones del elemento en la planta, alcanzando $28,6 \pm 3,9$ mg kg⁻¹ en hojas y $200,2 \pm 38,8$ mg kg⁻¹ en raíces. Sin embargo, se observó que, a los 180 días de ensayo, la adición de ácido cítrico disminuyó significativamente la producción de materia seca en raíces. La especie *Atriplex halimus* L. presentó bajos valores para el índice de transporte aérea tanto a los 90 como a los 180 días de ensayo.

Por lo tanto, se llegó a las siguientes **conclusiones**; el suelo presentó una alta concentración de plomo a nivel de contaminación. Con respecto a su distribución en el suelo, se encontró asociado principalmente a carbonatos y a óxidos de Fe y Mn equivalente a un 82% del total del plomo presente en el suelo. La especie *Atriplex halimus* L. presentó bajos valores para el índice de transporte a la parte aérea tanto a los 90 como a los 180 días de ensayo. Esto indica la capacidad que tiene *Atriplex halimus* L. para acumular el plomo en las raíces, siendo una especie

recomendada para la fitoestabilización de suelos contaminados con plomo.

(Hernández, 2017), Torreón - México; en su investigación titulada: *“Evaluación de la Chicura (Ambrosia Ambrosioides) como especie fitorremediadora de suelo contaminados por metales pesados”*.

El estudio tiene como **objetivo** determinar la concentración de los metales pesados Cadmio y Cobre, acumulados en la raíz, tallo y hoja de la Chicura (*Ambrosia Ambrosioides*). En la cual la **metodología** aplicada es de un nivel de investigación experimental, por lo que el muestreo de plantas se hizo en el lecho seco del río Nazas, la adaptabilidad, el riego y el seccionamiento de la planta se desarrolló en uno de los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, la molienda y digestión en el Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Matamoros Coahuila, y la lectura de metales pesados en el laboratorio de Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento (SIMAS) de Torreón Coahuila, México. Se evaluaron cuatro tratamientos (0,1,2 y 3 mg kg⁻¹) cuatro repeticiones utilizando un diseño completamente al azar.

Dando como **resultados** que el cobre fue el metal que más se acumuló en la planta. Con una media de 2.4483 mg kg⁻¹, mientras que el cadmio mostro una media de 1.1250 mg kg⁻¹. En la hoja de planta fue donde se presentaron las mayores concentraciones de los metales, mientras que en la raíz las menores.

Por lo tanto, se llegó a las siguientes **conclusiones**; primero la Chicura (*Ambrosia Ambrosioides*) es capaz de absorber metales pesados en sus estructuras, la mayor concentración se encuentra en la hoja, con una acumulación de 2.4483 mg kg⁻¹ de Cobre y 1.1250 mg kg⁻¹ de Cadmio; segundo en la hoja de la planta se encontraron las concentraciones mayores, mientras que en la raíz

las menores. Respondiendo así a la hipótesis que considera que la mayor concentración de Cadmio y Cobre se localiza en la raíz, se rechaza.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Dávila y Walter (2018), Cajamarca – Perú; en su investigación titulada: “*Capacidad Fitorremediadora de las Especies de Flora Herbácea Silvestre con Mayor Valor de Importancia en la Zona de Pasivos Mineros El Sinchao, Distrito de Chugur, Provincia de Hualgayoc, Cajamarca – Perú 2017*”.

El estudio tiene como **objetivo** determinar la capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos mineros El Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Siendo **la metodología** de tipo no experimental, dado que no se realiza una manipulación deliberada de las variables. Asimismo, es transversal, correlacional – causal. Siendo así la obtención de muestras de dos lugares, donde uno de ellos presenta contaminación y el otro no cuenta con alteraciones por actividad minera, para ello se recolectaron 22 muestras, de las que 20 corresponden a especies de flora herbácea silvestre y 2 a suelos, tomando 350 gr tanto para tejido vegetal como para suelo, finalmente en cada muestra se analizaron los 31 metales pesados, pero solo se tomaron en consideración 16 de ellos por ser de mayor importancia para su estudio.

Donde los **resultados** fueron que se tomaron 5 especies de flora herbácea silvestre con mayor Valor de Importancia, entre ellas se tienen: *Calamagrostis tarmensis* Pilg., *Paspalum bonplandianum* Flügge, *Carex pichinchensis* Kunth, *Lachemilla orbiculata* y *Juncus conglomeratus* L. Además, se identificó que la especie *Paspalum bonplandianum*, acumula la mayor cantidad de metales pesados (mg/kg), como el Aluminio (2844.6), Mercurio (0.3), Antimonio (13), Estaño (1.4), Zinc (760.2), Cromo (3.86) y Níquel (3.59). Asimismo,

la concentración de metales pesados se da en la parte de la raíz de todas las especies, a excepción de la *Lachemilla orbiculata* donde se observó que es en el tallo. Por otro lado, se determinaron que los metales Aluminio y el Estroncio presentan mayor concentración en el suelo no contaminado (Las Gradadas) con valores de 8353.7 mg/kg y 21.7 mg/kg respectivamente; además, se observa que la mayor cantidad de metales se encontraron en suelos contaminados, siendo el hierro el metal que presentó mayor concentración con un valor mayor a 2 000 mg/kg en la muestra de suelo. Finalmente, se calculó el Factor de Traslocación y Factor de Bioconcentración.

Por lo que se llegó a las siguientes **conclusiones**; la especie *Paspalum bonplandianum*, acumula la mayor cantidad de metales pesados (mg/kg), como el Aluminio (2844.6), Mercurio (0.3), Antimonio (13), Estaño (1.4), Zinc (760.2), Cromo (3.86) y Níquel (3.59). Asimismo, la concentración de metales pesados se da en la parte de la raíz de todas las especies, a excepción de la *Lachemilla orbiculata* donde se observó que es en el tallo. Mediante los TF y BCF se estableció que la especie *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y el *Juncus conglomeratus* serían especies fitoextractoras de Mg y Mn; igualmente, *Lachemilla orbiculata* también sería fitoextractora del Sr y el Zn. Por otro lado, *Calamagrostis tarmensis* se podría aplicar en técnicas de fitoestabilización para el Ti, así como *Paspalum bonplandianum* para el Sb, Zn y Cr, la especie *Carex pichinchensis* para Zn, la especie *Lachemilla orbiculata* para el Cd y Mn y finalmente el *Juncus conglomeratus* para el Cd, Cr y Zn.

Leon (2017), Huaraz - Perú; en su investigación titulada: “Capacidad Fitorremediadora de Especies Altoandinas para Suelos Contaminados por Metales Pesados Procedentes de la Compañía Minera Lincuna Sac, en Condiciones de Invernadero, 2015-2016”.

El estudio de investigación tuvo como **objetivo** evaluar el potencial fitorremediador de especies altoandinas para suelos contaminados por metales pesados procedentes de la compañía minera Lincuna SAC en condiciones de invernadero. En la cual la **metodología** de investigación es cuantitativa de tipo experimental. Estudio prospectivo por la época de obtención de datos; transversal y analítico. Donde el desarrollo de la investigación consistió en dos etapas, la etapa de propagación (5 meses) y tratamiento (4 meses). La etapa de propagación consistió en determinar la capacidad de propagación de 4 especies altoandinas, las cuales incluyeron, las actividades de implementación del invernadero, la selección y herborización de las especies de trabajo, la recolección de propágulos, las pruebas de germinación, y la reproducción vegetativa y reproductiva. En cambio, la etapa de tratamiento consistió determinar la capacidad de acumulación de metales pesados de 3 especies altoandinas con mayor capacidad de propagación expuestas a suelos de con metales pesados y suelos de mina, las cuales incluyeron actividades como el análisis químico de las muestras, el cálculo del Factor de Traslocación (FT) y el Factor de Bioconcentración (BCF).

Con respecto a los **resultados** las especies altoandinas que presentaron mayor velocidad de crecimiento en la propagación fueron *Juncus arcticus Willd.* y *Achyrocline alata (Kunth) DC.*, mientras que en el caso de *Werneria nubigena Kunth* y *Hieracium sp.* el crecimiento fue constante. La biomasa en la etapa de tratamiento para la especie *Achyrocline alata (Kunth) DC.* disminuyó en la raíz y la parte aérea para los grupos suelo de mina y suelo con metales pesados, a diferencia de las especies *Werneria nubigena Kunth* y *Juncus arcticus Willd.* que mantuvieron su biomasa en la raíz y la parte aérea constantes. Las alturas promedio en la etapa de tratamiento para las especies *Achyrocline alata (Kunth) DC.* y *Juncus arcticus Willd.* disminuyeron de manera significativa durante los 3 primeros meses, en cambio, la especie

Werneria nubigena Kunth no presentó diferencias significativas en el crecimiento entre los grupos evaluados durante los 4 meses. La especie *Achyrocline alata* (Kunth) DC. presentó la mayor concentración de Pb y Zn en la raíz para el grupo suelo con metales pesados y suelo de mina respectivamente, también se presentó una concentración significativa de Zn en la parte aérea para el grupo suelo con metales pesados. La especie *Werneria nubigena* Kunth presentó la mayor concentración de Zn en la parte aérea para los grupos de suelo con metales pesados y suelo de mina. La especie *Juncus arcticus* Willd. presentó la mayor concentración de Cu y Zn en la parte aérea para el grupo suelo con metales pesados, y Cu en la raíz para el grupo suelo de mina.

Por último, el presente estudio **concluye** que las especies altoandinas *Achyrocline alata* (Kunth) DC., *Werneria nubigena* Kunth y *Juncus arcticus* Willd. evaluadas en condiciones de invernadero, presentaron alto potencial fitorremediador debido a su alta tasa de propagación (semillas y vegetativos), así como su capacidad de acumulación metales pesados. La capacidad de acumulación de metales pesados en condiciones de invernadero para el suelo con metales pesados se presentó de la siguiente manera, la especie *Achyrocline alata* (Kunth) DC. presentó la mayor acumulación Pb (4808.08 mg/kg) en la raíz, de manera similar la especie *Werneria nubigena* Kunth acumuló significativamente Pb (1159.98 mg/kg) y Zn (990.3 mg/kg) en la raíz y la parte aérea respectivamente, y la especie *Juncus arcticus* Willd. acumuló de manera significativa Zn (720.50 mg/kg) en la raíz.

Falcon (2017), Huancayo - Perú; en su investigación titulada “*Fitoextracción de Metales Pesados en Suelo Contaminado con Zea Mays L. en la Estación Experimental El Mantaro - Junín*” en el año 2016”.

El presente estudio de investigación tuvo como **objetivo** Aplicar la tecnología de la Fitoextracción en los suelos contaminados por

metales pesados utilizando *Zea mays L.* en la Estación Experimental “El Mantaro” en el año 2016. La **metodología** de la investigación es aplicada y el diseño de la investigación descriptiva, donde se utilizó la tecnología de Fitoextracción, por lo que trabajó con muestras de tres lotes de terreno, denominados A, B y C, con una extensión de 125 m², cada uno respectivamente. En cada lote se tomó muestras al azar de suelo de 1.0 kg aproximadamente; para proceder a su caracterización y cuantificación de las propiedades fisicoquímicas, así mismo la concentración química de los metales en el suelo fueron analizados por el método de “Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo” (ICPMS).

Las semillas del *Zea mays L.* (Maíz) que se utilizaron fueron de la variedad cuzqueado, se instalaron 2 semillas por golpe en el suelo, a 60 cm de distancia entre planta y planta y con una profundidad de 20 cm. La Fitoextracción de metales fue evaluada por la densidad de siembra del *Zea mays L.* la especie vegetal de los tres lotes se cosechó en su etapa de madurez a los siete meses de crecimiento y se hicieron cortes de las raíces, tallos, hojas, flores y semillas. Las muestras secas, se enviaron al laboratorio para analizar la presencia de metales pesados, mediante el método de ICP – MS.

Los **resultados** que obtuvieron mostraron la presencia de metales pesados en los suelos de la Estación Experimental y la Fitoextracción en el primer año fue efectiva, ya que el factor de traslocación, en los lotes A y B para el manganeso y zinc fue mayor que 1 y para el lote C: cobre, manganeso y zinc fue mayor que 1. El tratamiento de los resultados, se realizó utilizando el diseño experimental de bloques completamente randomizado (DBCR) y la prueba de significación de Duncan.

Así mismo se llegó a la siguiente **conclusión**; que se declara al maíz como planta excluyente de metales pesados con la excepción

de sus semillas, por tener el Factor de bioconcentración menor que uno.

Dextre (2017), Lima – Perú; en su investigación titulada “*Acumulación de metales pesados en Senecio rufescens DC. en dos lagunas altoandinas de las regiones de Lima y Junín, Perú*”.

Teniendo como **objetivo** Evaluar la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, cobre y plomo) en los tejidos de *Senecio rufescens* de los alrededores de las lagunas Ticticocha y Churuca, en relación con el contenido de estos metales en sus respectivos suelos rizosféricos. La metodología de la investigación es de tipo descriptivo, por lo que consistió en evaluar la posibilidad de emplear esta especie para propósitos de remediación mediante el cálculo del factor de bioconcentración (FBCC) 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 aparentemente 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 FBCC 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.

El estudio llegó a la siguiente **conclusión**; que propone a *S. rufescens* como una especie excluyente de arsénico y plomo, potencialmente útil para estudios de fitoestabilización de suelos contaminados en la zona de estudio. El presente estudio registra por primera vez la evaluación de *Senecio rufescens* como una especie nativa promisorio para tecnologías de fitorremediación.

2.1.3 Antecedentes locales.

Ramos (2019), Cerro de Pasco - Perú; en su investigación titulada: *“Determinación de Pb, Zn, Cu, As, Cd, Cr y Hg en el botadero de Rumiallana como fuente de contaminantes a las poblaciones del Distrito de Simón Bolívar y Yanacancha-Provincia de Pasco-2018”*.

Teniendo como **objetivo** determinar la presencia de Pb, Zn, Cu, As, Cd, Cr y Hg en el botadero de Rumiallana como fuente de contaminantes a las poblaciones del distrito de Simón Bolívar y Yanacancha-Provincia de Pasco-2018. La **metodología** es de carácter explicativo donde se realizó la toma de muestras y analizarlas en laboratorio a fin de evaluar los parámetros químicos y posterior interpretar los resultados de la presencia de metales pesados en el botadero Rumiallana de la desmontera afectando a los pobladores de los distritos de Yanacancha y Simón Bolívar.

Los **resultados** obtenidos fueron que las concentraciones de los metales pesados plomo (Pb), cadmio (Cd) y cobre (Cu) en los suelos del botadero sobrepasan los límites máximos permisibles a excepción del arsénico (As) y mercurio (Hg) que se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para un suelo agrícola.

Las **conclusiones** del presente estudio mencionan que el botadero de Rumiallana es fuente de contaminantes a las poblaciones del distrito de Simón Bolívar y Yanacancha, pero en mayor proporción al Nor Este hacia la población de Mariátegui,

debido a la dirección del viento. Además, se detectó concentraciones diversas de metales como de Zn, Cu, As, Cd, Cr y Hg, pero estas se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental a excepción del Pb.

(Gomez, 2019), Cerro de Pasco - Perú; en su investigación titulada: *“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”*.

Tiene como **objetivo** 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.

La **metodología** el método de investigación es descriptivo, porque no se manipuló ninguna variable; 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 **resultados** de 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). Los análisis de las plantas de *Senecio collinus* en suelos disturbados y no disturbados demuestra que la planta tiene una mayor acumulación de metales en las hojas.

Donde llegó a la siguiente **conclusión** 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. 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.

Papuico (2018), Cerro de Pasco - Perú; en su investigación titulada: “*Técnica de Fitorremediación en la Extracción de Metales Pesados con la Planta Yaluzai (Senecio Rudbeckiaefolius) en la Relavera de Quiulacocha del Distrito de Simón Bolívar de Rancas*”.

El **objetivo** del estudio fue determinar si es posible utilizar la técnica de Fitorremediación en la extracción de metales pesados con la planta Yaluzai (*Senecio rudbeckiaefolius*) en la relavera de Quiulacocha del distrito de Simón Bolívar de Rancas. La **metodología** del estudio contempla el sembrío, riego, cuidados y extracción de muestra después de 9 meses. Si el relave plantado la especie de flora, se da la respuesta esperada en el sistema suelo y planta, por lo tanto, los resultados de la etapa de pruebas en el laboratorio son positivos, aunque no son únicos ni definitivos. El trabajo de campo o las pruebas de remediación del suelo contaminado empieza con la aplicación de los primeros resultados a nivel de laboratorio, en parte de la zona afectada.

Dando como **resultados** que la planta Yaluzai (*Senecio rudbeckiaefolius*) en su proceso de extracción, extrajo los siguientes metales pesados entre mínima y buena concentración como son: Plata, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Berilio, Calcio, Cadmio, Cesio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Potasio, Litio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Sodio, Níquel, Fósforo, Plomo, Antimonio, Selenio, Estaño, Estroncio, Titanio, Talio, Vanadio, Zinc, Uranio.

Por lo tanto, se llegó a las siguientes **conclusiones**; que la planta Yaluzai (*Senecio rudbeckiaefolius*) extrajo metales importantes como: Fierro (Fe), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Zinc (Zn), considerándose así una planta para la técnica de Fitoextracción ya

que los metales capturados están acumulados en las partes cosechables de las plantas y su eliminación del medio. Conocida también como Fitoacumulación, es la captación de metales contaminantes por las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas, lo cual esto confirma que la investigación realizada.

Yachas (2019), Cerro de Pasco - Perú; en su investigación titulada: *“Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumos de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha - Simón Bolívar 2018”*.

El estudio tiene como **objetivo** Identificar y determinar el grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar. Siendo su **metodología** un estudio cuasi-experimental, por lo que hizo la captación de la muestra, aplicación del carbón activado de coco en el agua de consumo de la población en estudio y finalmente los resultados del monitoreo de agua inicial y final en diferentes tiempos (60 y 90 minutos).

Donde los **resultados** finales a 2 tiempos diferentes (60 y 90 minutos), se puede demostrar que con la aplicación de carbón activado se logró reducir los niveles de hierro y plomo de la muestra hasta en un 87%, lo que nos hace suponer que a mayor tiempo expuesto del carbón activado en el agua mejor es mejor su acción purificadora y de absorción del plomo y hierro y de otros parámetros más como turbiedad, coliformes totales.

Por lo que se llegó a las siguientes **conclusiones**; que se demuestra que con la aplicación del carbón activado de cáscara de coco se logró purificar y absorber el hierro y plomo del agua de consumo en la I.E. San Andrés de Paragsha, que formo parte de la muestra piloto de agua. Así mismo se logró demostrar el alto grado

de eficacia de la aplicación de carbón activado de cáscara de coco en el agua de consumo como parte de la purificación y absorción de concentraciones de hierro y plomo. Finalmente se logró purificar el agua de consumo de la zona de estudio a través del método de aplicación con carbón activado, llevando los valores iniciales a una óptima calidad y purificación del agua quedando apto y seguro para el consumo humano.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 Los metales pesados en el suelo.

El suelo es el componente fundamental de la vida, cimiento de los ecosistemas terrestres, origen de las cadenas tróficas y base del medio urbano e industrial. Actúa como tampón, regulando el flujo de elementos químicos y sustancias hacia la hidrosfera, atmósfera, y biosfera (Kabata y Pendias, 2000).

2.2.1.1 Metales Pesados.

Los metales pesados son aquellos elementos químicos que tienen una densidad igual o superior a 5 g/cm³, o cuyo número atómico es superior a 20 (descartando a los metales alcalinos y alcalino-térreos).

Existen metales pesados como Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, V y Zn que son necesarios en cantidades diminutas para los organismos, sin embargo, en cantidades excesivas pueden llegar a ser nocivas para estos.

Otros metales pesados como el Pb, el Cd, el Hg y el As (metaloideos, pero generalmente denominado metales pesados), tienen efecto perjudicial sobre los organismos y por lo tanto son considerados como las "principales amenazas", ya que son muy dañinos para plantas y animales (Chibuike y Obiora, 2014).

2.2.1.2 Procedencias de los metales pesados en los suelos.

El equilibrio del ecosistema, con respecto al contenido de metales pesados en suelos, solo se debe a la composición del material original y de los procesos edafogenéticos; sin embargo, la actividad del hombre ha generado el incrementado de estos metales en el suelo en forma considerable, siendo la causa más frecuente de las concentraciones tóxicas (García y Dorronsoro, 2005).

El origen natural de los metales pesados se da el proceso de meteorización, que luego se concentran en los suelos. Por lo tanto, estas concentraciones de metales pueden llegar a ser nocivos para el desarrollo de las plantas (García y Dorronsoro, 2005).

Según su origen antropogénico las actividades humanas han ejercido un efecto considerable en la concentración y movilidad de los metales en suelos, provocando un efecto negativo para el medio ambiente y graves efectos en la salud de los organismos vivos (García y Dorronsoro, 2005).

Las operaciones de minería y fundición, que comprenden la extracción, el procesado preliminar, la evacuación de los residuos y el transporte de los productos semiprosesados. Producen una contaminación de metales in situ o ex situ, dichos suelos afectados tienen capas superiores que presentan concentraciones elevadas, principalmente, de Cu, Ni, As, Se, Fe y Cd (García y Dorronsoro, 2005).

2.2.2 Contaminación de suelos por metales pesados.

Para reconocer que un suelo está contaminado es necesario tener un indicador que nos muestre cuando está libre de contaminantes. El nivel basal o background es el estado natural de la concentración de metales en un suelo que no ha sido trastornado por las actividades humanas (Gil, Ramos-Miras y Boluda, 2002).Lo

que significa que un suelo esta libre de contaminantes cuando esta dentro de estos niveles basales.

La acumulación de metales pesados, en pocas cantidades, son beneficiosos y necesarios para los organismos vivos. Sin embargo, pasado cierto límite pueden llegar a ser muy peligrosos, debido a difícil degradación y eliminación (Millán et al., 2007).

El problema ambiental de mayor envergadura de la minería metálica está relacionado al grado de metales residuales sin valor económico que contaminan el suelo, ya sea: 1) físicamente, modificando de forma negativa la textura, estructura, estabilidad y disponibilidad del agua; 2) químicamente, con variaciones del pH, pérdida de nutrientes y exceso de metales tóxicos, y también 3) biológicamente, mediante la perdida de microorganismos del suelo y de los organismos del ecosistema (Williamson, Johnson y Bradshaw, 1982).

2.2.2.1 Dinámica de los metales pesados en el suelo.

Los metales pesados que se encuentran asociados con el suelo tienen cuatro vías diferentes (García y Dorronsoro, 2005) los cuales son:

- Retencion en el suelo, ya sea disueltos en la solución o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación.
- Absorción por la vegetación y así, incorporarse a las cadenas tróficas.
- Procesamientos químicos de volatilización que pasan a la atmósfera.
- Transporte a las aguas superficiales o subterráneas.

2.2.2.2 Biodisponibilidad de Metales Pesados.

Es un proceso en la cual un elemento puede trasladarse del componente suelo hacia un ser vivo (López y Grau, 2005). Esta característica de los metales pesados de

transferirse en el ambiente es debido a la forma, el número de cargas y la energía de retención de los metales pesados (Reid, 2001). Además, influye mucho los factores externos del ambiente los cuales son: temperatura, precipitación, humedad, pH, ambiente químico, etc., sumando a ello el tipo de uso en el que se encuentra categorizado el suelo. Un claro ejemplo es la fácil movilización de estos metales en los suelos forestales que, en los suelos agrícolas, debido a la relación de mayor acidez y mayores sustancias orgánicas de bajo peso molecular que se encuentran en el suelo (Kabata y Pendias, 2000).

2.2.3 Desmontera minera Rumiallana.

La desmontera minera Rumiallana se localiza al lado norte este de la ciudad de Cerro de Pasco, siendo la ciudad localizada aproximadamente a 190 km al noreste de Lima. La desmontera minera Rumiallana, ubicado a 1 Km de la localidad de Cerro de Pasco en la meseta de los Andes, con un área aproximado de 44.66Ha. y un perímetro 2.97km., en las coordenadas UTM Norte: 8820882.40; Este: 361818.91 WGS 84, a una altitud promedio de 4325 m.s.n.m. (Ver Anexo 05). Asimismo, se menciona los vértices de la desmontera minera Rumiallana (Ver Tabla 2) y las rutas de acceso (Ver Tabla 3).

- **Ubicación geográfica:**

Departamento: Pasco

Provincia: Pasco

Distrito: Yanacancha – Simón Bolívar

- **Límites de la zona del proyecto:**

Norte: Río Tingo

Este: Ciudad San Juan Pampa

Sur: Empresa minera

Oeste: Ciudad de Paragsha

Tabla 2*Vértices-WGS-84 de la desmontera minera Rumiallana*

Vértice	Este	Norte	Altitud
A	362040.6	8821214	4349
B	361801.6	8821393	4295
C	361458.3	8821212	4332
D	361151.8	8821347	4393
E	361143.7	8821085	4394
F	361482.8	8820851	4381
G	361796.5	8820538	4317
H	361957.9	8820864	4322

Fuente: Google Earth

Tabla 3*Rutas de Acceso*

Desde	Hasta	Distancia	Tiempo
Huánuco	Cerro de Pasco	124 km	2 h 30min
Terminal Terrestre de Cerro de Pasco	Desmontera minera Rumiallana	4.5 km	15 min

Fuente: Google Maps.

La Unidad Minera de Cerro de Pasco, tiene entre sus instalaciones a la desmontera minera de Rumiallana, esta instalación es una zona donde se acumula mineral de baja ley que fueron depositados a falta de espacio en la zona minera; para producir los productos que conocemos hoy en día, las diferentes actividades productivas transforman una diversidad de insumos, obteniéndose finalmente el producto y quedando un residuo que ya no es útil para ningún proceso productivo, al cual conocemos como desecho. Son los desechos que se generan, producto de los trabajos realizados para llegar a la zona donde se encuentra el mineral (Chávez, 2018).

2.2.4 Efecto de los metales pesados en los seres vivos.

La contaminación de metales pesados afecta de manera directa a los seres vivos, ya que se encuentran acumulados en la cadena alimenticia en altas dosis produciendo así daños cancerígenos en

la salud humana, aunque se tiene poca información de su efecto crónico por consumo de pequeñas dosis durante periodos largos (Birley y Lock, 1998).

La presencia de los metales pesados en la salud del ser humano causa toxicidad aguda y crónica, debido a que se encuentran expuestos en el ambiente. Siendo estos metales el plomo, cromo, cadmio y el mercurio que se encuentran en la vía alimentaria. Según la Agencia de Investigación sobre el Cáncer de la OMS (Organismo Mundial de Salud), el cadmio y el cromo producen cáncer; el mercurio y plomo provocan la neurotoxicidad; el cromo es alergénico; el cadmio produce afectación pulmonar, renal, osteomalacia y osteoporosis; además el plomo produce daño renal y anemia. (Zubero, et al 2008).

En las plantas, dependiendo de la especie y el metal varían los síntomas de fitotoxicidad (Durán, 2010). Según Williamson, Johnson y Bradshaw (1982) indica que una de las lesiones manifestadas es la disminución del crecimiento, clorosis y menor desarrollo radicular. Sin embargo, Kabata y Pendias (2000), manifiesta que los contaminantes también pueden estar acumulados como compuestos inactivos en la membrana y las células, lo cual puede trastornar la composición química de la planta sin producir una lesión fácilmente perceptible.

2.2.5 Remediación de suelos contaminados por metales pesados.

La remediación de ecosistemas contaminados debe constituir un tema ambiental prioritario para el país. En cada situación de contaminación debe ser evaluado para un ambiente determinado. Para la remediación de suelos contaminados por metales pesados se emplean, además de los métodos convencionales, la biorremediación (Durán, 2010).

2.2.5.1 Métodos Convencionales.

La aplicación de métodos convencionales para remediar el suelo in-situ o ex-situ, son técnicas con un alto valor

económico y limitadas a un sitio relativamente pequeño (Barceló y Poschenrieder, 2003).

Según Llugani, Tolra y Poschenrieder (2007) menciona que las técnicas convencionales para la remediación de suelos contaminados tienen las siguientes desventajas: 1) un elevado valor económico, 2) la eliminación de los organismos vivos asociados al suelo, 3) alteración de la estructura del suelo y, 4) zona de actuación relativamente pequeña.

Biorremediación

Con el avance de la ciencia se ha desarrollado técnicas ambientales para remediar suelos contaminados causadas por diferentes actividades antropogénicas, basándose en el uso potencial de organismos vivos, siendo estos microorganismos y plantas para descontaminar el medio ambiente.

En los suelos mineros hay presencia de vegetación a pesar de la presencia de metales pesados. Debido a que algunas plantas tienen la capacidad de absorber metales pesados y transferirlos en algunos órganos sin afectar la fisiología de la planta. Las plantas silvestres tienen una gran destreza de supervivencia que pueden, desarrollar biomasa en grandes cantidades independiente de la relación con las condiciones del suelo y el clima (Tlustos, Pavlíková, Száková y Balík, 2006).

2.2.6 Fitorremediación de suelos contaminados.

Se llama fitorremediación cuando se usan plantas para remediar suelos contaminados (Durán, 2010). Según Barceló y Poschenrieder (2003) esta técnica se conoce desde el siglo XVIII mediante experimentos realizados por Joseph Priesley, Antoine Lavoissier, Kart Scheele y Jan Ingenhousz.

La fitorremediación o fitocorrección engloba un grupo de técnicas emergentes apoyadas en el uso de especies vegetales y sus microorganismos asociados, para extraer, acumular, inmovilizar o transformar los contaminantes del suelo (Barceló y Poschenrieder, 2003).

La limitación de esta técnica se debe a la profundidad de la raíz de las plantas, que debe ser capaz de llegar al contaminante. Además, una desventaja de este método de remediación es que viene a ser lento, debido, que la recuperación de un suelo mediante la acumulación de metales en las plantas con lleva años. La biodisponibilidad de los contaminantes es otro factor a considerar, debido a que solo una fracción de éstos está disponible. Sin embargo, es importante considerar a la fitorremediación no excluyente, de esta manera se pueden armonizar con otras tecnologías (Barceló y Poschenrieder, 2003).

2.2.6.1 Técnicas de Fitorremediación.

Las diferentes técnicas de fitorremediación son:

- **Fitoextracción:** Es la adsorción de los contaminantes por las raíces y la transferencia de estos hacia las partes aéreas de las plantas. Los contaminantes son apartados del suelo por recolección de las plantas (Rodríguez y García, 2006).
- **Fitoestabilización:** La movilidad de los contaminantes se puede disminuir mediante la absorción y acumulación por las raíces de las plantas en el suelo. También conocida como fitoinmovilización o inactivación *in situ* (Rodríguez y García, 2006).
- **Fitotransformación:** Uso de plantas para la transformación de compuestos orgánicos (Macek, Francova, Sura y Mackova, 2006).

- **Fitoestimulación:** Implica la estimular la degradación microbiana mediante el efecto de exudados de plantas (Macek et al, 2006).
- **Rizofiltración:** Utilización de las raíces de la planta para absorber contaminantes, especialmente metales, del agua (Macek et al, 2006).
- **Fitovolatilización:** Es la absorción y transferencia de algunos contaminantes en la fase de gas por las plantas (Macek et al, 2006).

La fitoextracción y fitoestabilización son técnicas de fitorremediación para suelos contaminados con metales pesados más estudiadas (Becerril et al., 2007).

2.2.6.2 Fitoextracción mediante plantas “hiperacumuladoras”.

La fitoextracción, también conocida como fitoacumulación, consta de la acumulación y la traslocación de metales pesados de las raíces hacia las partes de la planta fácilmente cosechables, excluyendo los metales del suelo (Barceló y Poschenrieder, 2003; Rodríguez y García, 2006; Becerril et al., 2007 y Millán et al., 2007).

Esta técnica fitorremediadora se ha planteado para disminuir las concentraciones de metales tóxicos en los suelos contaminados, para descontaminar y restaurar la fertilidad de áreas contaminadas. La fitoextracción aplicando plantas hiperacumuladoras permite evitar excavaciones masivas, pérdidas de suelo superficial o elevados costes, asociadas con las prácticas de remediación habitual. Además, pueden ser un extraordinario recurso fitogenético (Kabata y Pendias, 2000).

Esta tecnología emplea plantas hiperacumuladoras para disminuir las concentraciones de metales pesados de los suelos. Existen unas 400 especies de plantas hiperacumuladoras de metales que corresponden a las siguientes familias (Rodríguez y García, 2006):

- Brasicáceas
- Euforbiáceas
- Asteráceas
- Lamiáceas
- Escrofuláriceas

Las plantas hiperacumuladoras son especies muy extrañas de hallar en la naturaleza, ya que crecen habitualmente en sitios ricos en metales pesados con un limitado rango de distribución y muy vulnerables a la extinción. Debido a esto, la pérdida de estas especies provoca la pérdida de la capacidad de hiperacumulación que tal vez no pueda ser encontrada dentro de otra población de la misma especie (Rodríguez y García, 2006).

Según Riffo (2016), señala que las plantas son consideradas como hiperacumuladoras cuando cumplen las siguientes características:

- i. Acumular elevadas concentraciones de metales pesados en su parte aérea, siendo estos valores mayores a 100 mg·kg⁻¹ de Cd; 1000 mg·kg⁻¹ para Al, As, Co, Cu, Ni, Se, Pb y 10000 mg·kg⁻¹ de Zn y Mn (Baker y Brooks, 1989; Ma et al., 2001 y Kidd et al., 2007).
- ii. El Factor de bioconcentración (FBC) que se define como el contenido de metales pesados en la planta con respecto al suelo > 1 (Brooks, 1998; Cluis, 2004).

- iii. El Factor de traslocación que es el contenido de metales en la parte aérea de la planta con respecto a la raíz > 1 (Brooks, 1998; Cluis, 2004).

La reducción del contenido de contaminantes hasta niveles óptimos a través de técnicas fitorremediadoras mediante la fitoextracción usando plantas “hiperacumuladoras” nos permitiría la reutilización del suelo tratado con un fin hortícola, agrícola o forestal, impidiendo la transferencia de éstos hacia aguas subterráneas o zonas cercanas por acción del viento y/o erosión del agua (Llugany et al 2007).

2.2.7 Índices de valoración de tolerancia de plantas a metales pesados.

Existen 2 técnicas elementales (exclusión y acumulación) para definir la tolerancia de las plantas hacia los metales pesados (Baker, 1981).

La exclusión es la prohibición del transporte de metal hacia los tallos y las hojas para evitar la acumulación de metal en la parte aérea (Rodríguez y García, 2006), mientras que la acumulación se generan procesos internos con una alta capacidad para conservar los metales en los tallos y hojas (Baker, 1981).

Para establecer la capacidad de exclusión y acumulación de metales por las plantas, se determina el factor de bioconcentración (FBC) y de traslocación (FT) y luego se aplica dentro de las técnicas de la fitorremediación (Baker, 1981).

Fator de Bioconcentración (FBC)

Este índice puede encontrarse también como Coeficiente de absorción biológica (BAC), Factor de concentración (Cf). Se define como la relación de la concentración de metales en la planta con respecto a la concentración total de metales en el suelo (Brooks,

1998). Este índice es ampliamente usado para comparar la eficiencia de diferentes plantas (Kabata y Pendias, 2000).

- Factor de bioconcentración en la raíz de la planta: denominada como Factor de concentración biológica (BCF) o Root accumulation factor (RAF). Es calculado de la relación entre la concentración de metales en la raíz de la planta respecto a la concentración de metales en el suelo (Yoon, Cao, Zhou, y Ma, 2006).

$$RAF = \frac{\text{Concentración de metales en la raíz}}{\text{Concentración de metales del Suelo}}$$

- Factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta: Denominada como Factor de bioacumulación (BAF), Coeficiente de acumulación biológica (BAC), Factor de remediación (RC) o Shoot accumulation factor (SAF). Es la división de la concentración en la parte aérea de la planta con respecto a la concentración del suelo (Vyslouzilova, Tlustos, Szakova y Pablicova, 2003)

$$SAF = \frac{\text{Concentración de metales en la parte aérea}}{\text{Concentración de metales del Suelo}}$$

Factor de Traslocación (FT)

Este factor de transferencia relaciona la acumulación de metales en la parte aérea con respecto a la raíz y es usado para medir la efectividad de la planta en la traslocación de metales pesados desde la raíz hacia la parte aérea (Sun, Zhou y Diao, 2008).

$$FT = \frac{\text{Concentración de metales en la parte aérea}}{\text{Concentración de metales en la raíz}}$$

2.2.8 Planta desarrollada en la desmontera minera Rumiallana.

Según el estudio realizado en el Herbario de la UNMSM por el Mg. Hamilton Beltrán Santiago la especie es clasificada como *Baccharis tola* Phil., es conocida con el nombre común “Taya”.

Clasificación taxonómica según el sistema de clasificación de Cronquist (1988).

Ubicación taxonómica

Reino: Vegetal

Sub Reino: Phanerogamae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub clase: Asteridae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Sub familia: Asteroideae

Género: *Baccharis*

Especies: *Baccharis tola* Phil.

Nombre Común: Taya

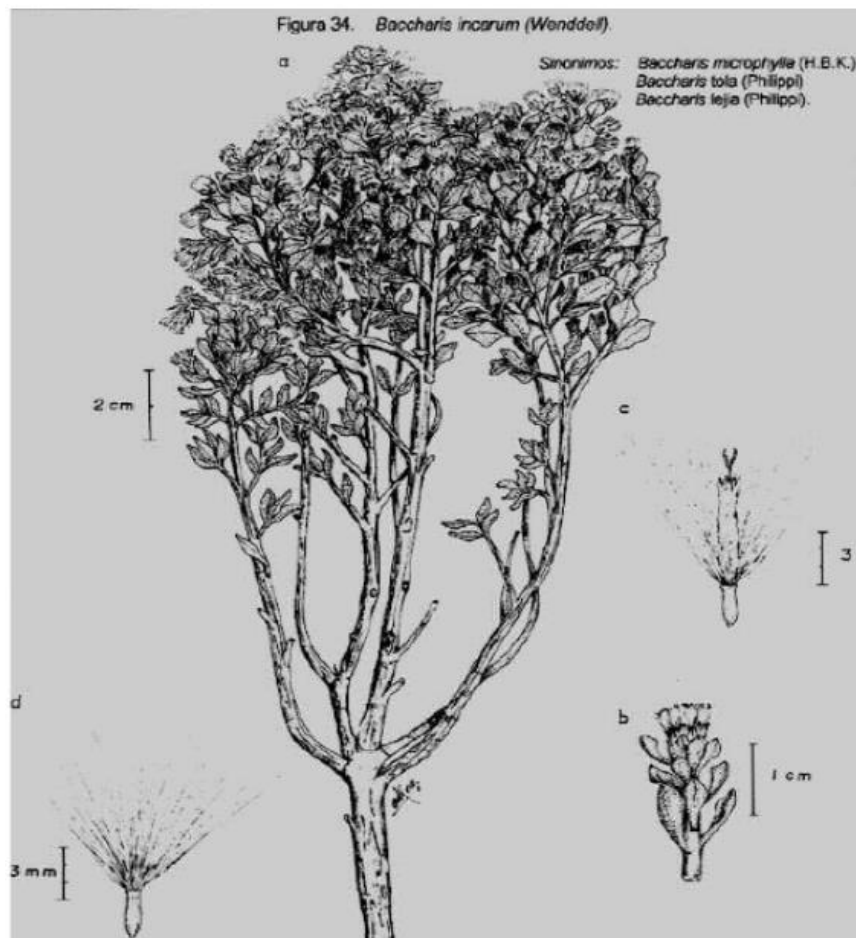


Figura 1. Características morfológicas (*Baccharis tola* Phil.).
 Fuente: Paca et al. 2003.

Descripción morfológica:

Es una planta clasificada como arbusto de hasta 1.2 m de altura, muy ramificado y lignificado desde la base, apretado de follaje en las partes terminales y distinguibles por sus hojas pequeñas. Las flores están en cabezuelas blanquecinas y pequeñas (Paca et al., 2003).

- **Raíz:**

“Tiene una raíz ramificada; con una raíz principal y de esas nacen las raíces secundarias con una profundidad promedio 29.1 cm” (Hualpa, 2018, p. 56).

- **Tallo:**

“El tallo primario no es observable, los tallos secundarios son semi erectos, hojosos, resinosos, y un grosor en promedio de 18.4mm” (Hualpa, 2018, p. 56).

- **Hojas:**

“Alternas, sésiles, espatulada – cuneiforme, enteras con un diente raramente con dos dientes a cada lado (triangulares agudos), ensanchados en el ápice, agudos raramente en la base atenuada, de 50.7 mm² de áreas promedio, en el envés la nervadura central notoria y células resinosas, en el haz se observa en parte de la lámina (glándulas - pubescencia)” (Hualpa, 2018, p. 56).

- **Inflorescencia:**

“Capítulos numerosos, solitarios en la parte terminal de la rama, muy breves sésiles; capítulos femeninos, involucros acampanados – cilíndricos de 6.8 mm de altura y un diámetro de 3 – 4 mm, filarias de 3 – 4 series, las exteriores ovadas enteras, la intermedia margen algo diáfano, corola filiforme de 3.5 – 4 mm de altura, estilo regularmente prolongado, estigma bifurcado de 0.6 mm, 30 – 33 flores por capítulo, flores masculinas hermafroditas, involucro acampanado, filarias de 4 series, exteriores, oblongas de 1 m de largo, las intermedias oblongas lanceoladas , enteras de 4- 5 mm, corola tubular, pentasectada, pubescencia en la parte superior, estilo regularmente exerto, estigma bífido, estambres notorios” (Hualpa, 2018, p. 56).

- **Aquenos:**

“Cilíndricos, costados de 2.2 mm de largo, glabro. Papus blanco, 5 mm de largo, enseñado en el ápice, presencia de cerdas, cespó” (Hualpa, 2018, p. 56).

- **Hábitat**

En el Perú se encuentra distribuida en toda la sierra, especialmente en el Altiplano en suelos pedregosos y arcillosos, mayormente entre los 2,500 – 4,000 m.s.n.m, y suele formar extensos parches superpuestos a las planicies de ichu. (Paca et al., 2003).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Metales pesados

“Según la tabla periódica, es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm³), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas” (Londoño, Londoño y Fabián, 2016, p.147).

Biorremediación

“Se centra en la remediación biológica, basada esencialmente en la capacidad de los organismos vivos para degradar en forma natural ciertos compuestos contaminantes; los sistemas biológicos frecuentemente utilizados son microorganismos o vegetales” (Garzón, Rodríguez y Hernández, 2017, p.312).

Fitorremediación

“La fitorremediación es un conjunto de tecnologías que reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas” (Delgadillo, González, Prieto, Villagómez y Acevedo, 2011, p.597).

Fitoextracción

“La fitoextracción o fitoacumulación consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas” (Delgadillo, González, Prieto, Villagómez y Acevedo, 2011, p.601).

Fitoestabilización

“La fitoestabilización permite inmovilizar contaminantes en el suelo a través de su absorción y acumulación en las raíces o bien, por precipitación en la zona de la rizosfera” (Delgadillo, González, Prieto, Villagómez y Acevedo, 2011, p.600).

Hiperacumulación

“Es la capacidad que tienen algunas plantas para concentrar metales en sus tejidos a niveles muy por encima de los normales sin presentar síntomas de toxicidad” (Llugany, Tolrà, Poschnrieder y Barceló, 2007, p. 4).

Desmonte

Es el mineral de baja ley o material estéril, que se encuentra por debajo del nivel económico conocido en minería como Cut Off, que se obtiene al momento de realizar el corte de mineral en la operación de mina o también obtenido como material de desbroce para acceder a la minera (Chávez, 2018, p.29)

Factor de traslocación (FT)

“Es la relación entre la concentración del metal pesado en el vástago (tallo y hojas) y la de sus raíces” (Dextre, 2017, p.28).

Factor de bioconcentración (FBCC)

“La relación entre la concentración de metales pesados en el tejido de la parte aérea y la del suelo” (Dextre, 2017, p.27).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1 Hipótesis General.

Hi: La planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, si es hiperacumuladora de los metales pesados Cd, Pb y As.

Ho: La planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, no es hiperacumuladora de los metales pesados Cd, Pb y As.

2.4.2 Hipótesis Específicas.

Hi: La parte aérea de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana.

Hi: La raíz de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana.

Hi: El suelo rizósferico de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana.

Hi: El Factor de Bioconcentración y Traslocación es calculable para la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, con respecto a los metales pesados Cd, Pb y As.

2.5. VARIABLES E INDICADORES

2.5.1 Variable de Caracterización.

Viene a ser la población de estudio (Supo, 2015). En la presente investigación la variable de caracterización viene ser: La planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.).

- **Indicadores:**

Parte aérea

Cd mg/kg

Pb mg/kg

As mg/kg

Raíz

Cd mg/kg

Pb mg/kg

As mg/kg

Suelo

Cd mg/kg

Pb mg/kg

As mg/kg

2.5.2 Variable de Interés.

Viene a ser la variable de estudio en el nivel de investigación descriptivo (Supo, 2015). En la presente investigación la variable de interés viene ser: La Hiperacumulación.

- **Indicadores:**

- ***Parte aérea***

- Cd >100 mg/kg
 - Pb>1000 mg/kg
 - As>1000 mg/kg

- **FBC>1**

- **FT>1**

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (dimensiones e indicadores):

Título: “Determinación de la Hiperacumulación de metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) de la Desmontera Minera Rumiallana entre los distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, Pasco, 2019-2020”

Tesista: SOLIS CANTA, Steffany Susan

Variable según nivel investigativo	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Unidad	Tipo de variable	Instrumento de medición
Variable de caracterización: Planta Taya	Es una planta nativa, de tipo arbustivo de hasta 1.2m de altura, muy ramificada y lignificada desde su base, proveniente de la familia Asteraceae, del género <i>Baccharis</i> y que se encuentra distribuida en toda la sierra del Perú. (Paca et al. 2003 y Mamani et al.2003). Sus rama y hojas sirve de combustible (leña) para hacer fuego (Gomez,1999).	Se usan plantas hiperacumuladoras para reducir concentraciones de metales de los suelos, por lo que la familia Asteráceas es conocida como una planta hiperacumuladora, que tiene la habilidad de acumular metales pesados en su tejido vegetal (Rodríguez y García, 2006).	Parte aérea: • [Cd] • [Pb] • [As] Raíz: • [Cd] • [Pb] • [As] Suelo: • [Cd] • [Pb] • [As]	mg/kg	Variable Numérica-Variable objetiva (dimensiones físicas)	Instrumentos documentarios: Cadena de custodia, Ficha de muestreo, papel Kraft, bolsas de polietileno, GPS, cámara fotográfica, guantes descartables, mascarillas, guardapolvo y herramientas manuales.
Variable de interés: Hiperacumulación	La fitoextracción mediante plantas hiperacumuladoras implica la acumulación y la translocación de metales pesados de las raíces hacia las partes de la planta fácilmente cosechables, eliminando los metales del suelo (Kabata y Pendias, 2000).	Para ser una planta hiperacumuladora de metales pesados debe cumplir con tres condiciones: La acumulación de metales pesados en la parte aérea debe ser $Cd > 100 \text{ mg/kg}$; Pb y $As > 1000 \text{ mg/kg}$; asimismo el valor del factor de biocentración debe ser mayor a 1, y el valor del factor de translocación debe ser mayor a 1 (Sun, Zhou y Diao, 2008).	Parte aérea: • $[Cd] > 100$ • $Pb > 1000$ • $[As] > 1000$ • $FBC > 1$ • $FT > 1$	mg/kg adimensional adimensional	Variable Numérica-Variable objetiva (dimensiones físicas)	Instrumentos mecánicos: Instrumentos utilizados según el laboratorio que realizará el análisis.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Enfoque de la investigación.

Mixto, siendo una investigación que combina los enfoques cuantitativo y cualitativo.

Cuantitativo, porque la recolección de datos fue utilizada para verificar y comprobar las hipótesis planteadas, en base a mediciones numéricas y análisis estadísticos (Hernández, Fernández y Baptista, 2015).

Cualitativo, porque utilizo la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afirmar preguntas de investigación en el proceso de interpretación. Tomando como punto de partida la interpretación de la investigación realizada (Hernández et al., 2015).

En la presente investigación el enfoque de investigación es mixto (cuantitativo y cualitativo), cuantitativo debido que las muestras de los datos recogidos en campo fueron analizados y nos proporcionaron información numérica lo cual nos permitió hacer un análisis estadístico con el cual se descartó las hipótesis planteadas; cualitativo porque la información obtenida a partir de datos de campo y bibliográfico nos permitió determinar una de las cualidades de la planta (hiperacumuladora o no hiperacumuladora).

3.1.2 Alcance o nivel de la investigación.

Alcance descriptivo; consistió en especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno a ser analizado. Describe tendencias de un grupo o población. (Hernández et al., 2015), la investigación tiene este alcance debido a que se describió, analizó e interpretó la concentración de los metales pesados en la planta nativa Taya y su respectivo suelo

rizósferico, para poder cumplir con las condiciones que determinan a una planta hiperacumuladora.

3.1.3 Diseño de la investigación.

No experimental transversal descriptivo porque se recolectó los datos en un tiempo único, sin generar modificaciones en las variables (Hernández et al., 2015). Esta investigación tiene este tipo de diseño porque las muestras recolectadas de suelos rizósferico y plantas en campo no fueron alteradas y tomadas en un determinado tiempo.

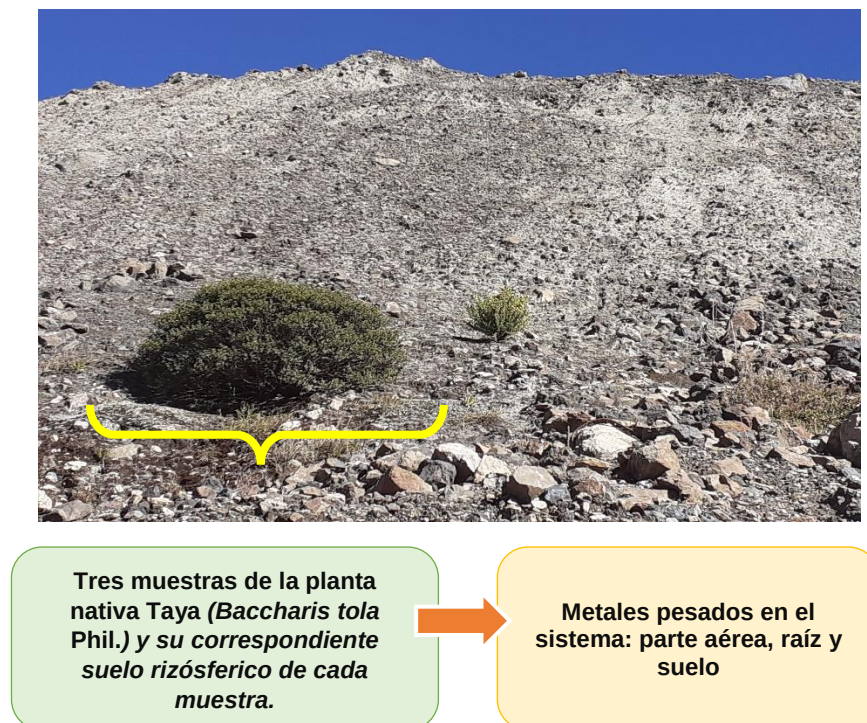


Figura 2. Diseño de la investigación.
Fuente: Elaboración propia.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población.

La población es el conjunto de personas, objetos, animales, etc., que brindan información de un fenómeno a ser estudiado; de dicho conjunto se toma una muestra representativa para la investigación científica (Supo, 2015). En esta investigación la población es la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana.

Ubicación del área del proyecto

La ubicación del área del proyecto que viene a ser la desmontera minera Rumiallana, se ubica entre los distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, en la provincia de Pasco y región Pasco, que se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Vértices-WGS-84 de la desmontera minera Rumiallana

Vértice	Este	Norte	Altitud
A	362040.6	8821214	4349
B	361801.6	8821393	4295
C	361458.3	8821212	4332
D	361151.8	8821347	4393
E	361143.7	8821085	4394
F	361482.8	8820851	4381
G	361796.5	8820538	4317
H	361957.9	8820864	4322

Fuente: Google Earth

3.2.2 Muestra.

La muestra se define como un grupo reducido de los elementos de la población del cual serán evaluados sus características similares o particulares, con el propósito deducir las características de toda la población (Supo, 2015).

En esta investigación las muestras han sido recolectadas por el método no probabilístico, el cual fue realizado según criterio (Supo, 2015), siendo el número de muestras tres, donde por cada objeto de estudio, que viene ser la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) se tomó el suelo rizósferico y la planta (parte aérea y raíz).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 Procedimiento de recolección de datos.

En primer lugar, se hizo una visita preliminar a la zona de estudio para el reconocimiento de la zona y obtener datos preliminares como son: puntos de ubicación, rutas de acceso y el reconocimiento de la planta nativa que se desarrolla en el lugar.

Posteriormente se hizo otra visita para la toma de las muestras (planta y suelo rizósferico).

3.3.2 Muestreo de toma de muestra de planta y suelo.

Se hizo un muestreo de campo no probabilístico, que consiste en la elección de los elementos del subgrupo de la población, donde no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación. El procedimiento no es mecánico ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación (Hernández et al., 2015).

MUESTREO DE PLANTAS:

Las muestras de la población, fue por el método de criterio (Supo, 2015), de manera que cada planta fue escogida por su visible ausencia de síntomas de fitotoxicidad (clorosis) y similar altura de la planta (indicaría el tiempo de vida) que se realizó de igual manera en un estudio de Dextre (2017) . Por lo tanto, se ubicó tres muestras más representativas de la especie vegetal que se desarrollan dentro del área de estudio en tres lugares diferentes, conjuntamente con las muestras respectivas del suelo, así como se realizó en un estudio parecido de Medina y Montano (2014).

▪ *Colecta de muestras de plantas:*

Antes de empezar el muestreo se limpió cuidadosamente el aérea de cualquier desecho superficial (piedras, residuos, etc.).

Se tomaron tres plantas de la misma especie como muestras para ser analizadas, de las cuales se tomó en cantidades de 200 -250 g. de raíz y parte aérea respectivamente de la planta según la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) y (Medina y Montano, 2014).

Las muestras de cada planta fueron tomadas con mucho cuidado, para evitar algún daño en el momento de su extracción

y para separar la parte aérea y raíz de la planta fueron cortadas con una tijera inoxidable (Subhashini, Swamy y Hema, 2013).

▪ **Envasado e identificación de la muestra de plantas:**

El material recolectado tanto de la parte aérea como raíz, que contenían entre 200 a 250 gramos aproximadamente fue colocada en bolsas de papel kraft respectivamente etiquetado y almacenado en la caja de tecnoport que se envió al laboratorio.

El etiquetado de la muestra contenía la siguiente información: Tipo de muestra, código de la muestra, lugar, fecha, hora y muestreado por, como lo muestra en la siguiente figura:

TIPO DE MUESTRA:	
CODIGO DE MUESTRA:	
LUGAR DE MUESTREO:	
FECHA:	HORA:
MUESTREADO POR:	

Figura 3. Rotulación para muestra planta.
Fuente: Guía para el Muestreo de Suelos

Así mismo se hizo el respectivo llenado de datos en la ficha de registro y cadena de custodia (Ver anexo N°03, N°04). Luego las muestras de planta fueron enviadas con sus respectivas cadenas de custodia al laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

MUESTREO DE SUELO:

• **Colecta de muestra de suelo:**

Se consideró la técnica mediante hoyos para la toma de muestras superficiales según la Guía para el Muestreo de Suelos (MINAM - Ministerio del Ambiente, 2014)

Las muestras de suelo rizósferico, son los suelos que estaban en contacto directo con las raíces de la planta, y fueron recogidas a una profundidad entre 0 y 30 cm (Volke Sepúlveda et al., 2005) y dependiendo del espacio radicular de la especie.

Como se extrajo un volumen de suelo rizósferico más de lo requerido, se procedió a cuartear la muestra para obtener una cantidad representativa según la Guía de muestreo de suelos, 2014. Obteniéndose así 250 gr de muestra suelos rizósferico de cada planta que fue analizada, siendo el peso requerido por el laboratorio (UNALM) para realizar el análisis correspondiente. Haciendo un total de tres muestras de suelo rizósferico.

Por último, los instrumentos muestreadores fueron de acero inoxidable y plástico según la Guía de muestreo de suelos, 2014.

- **Envasado e identificación de la muestra de suelo:**

La muestra se envasó en bolsas herméticas resistente al transporte respectivamente etiquetado y almacenado en la caja de tecnoport que se envió al laboratorio.

El etiquetado se ubicó en un lugar visible de la muestra, y contuvo la siguiente información: Tipo de muestra, código de la muestra, lugar, fecha, hora y muestreado por, como lo muestra en la siguiente figura:

TIPO DE MUESTRA:	
CODIGO DE MUESTRA:	
LUGAR DE MUESTREO:	
FECHA:	HORA:
MUESTREADO POR:	

Figura 4. Rotulación para muestra suelo.
Fuente: Guía para el Muestreo de Suelos

Así mismo se hizo el respectivo llenado de datos en la ficha de muestreo y cadena de custodia (Ver anexo N°03, N°04). Luego las muestras de suelo fueron enviadas con sus respectivas cadenas de custodia al laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

3.3.3 Técnica e Instrumento para la recolección de datos.

La técnicas e instrumento para la recolección de datos se mencionan en la tabla 5.

Tabla 5

Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos

OBJETIVO	PROCEDI-MIENTO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Concentración de metales pesados Cd, Pb y As en la parte aérea y raíz de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.).	Recolección de datos de campo.	Muestreo de planta (observacional)	Cadena de custodia, papel kraft, GPS, cámara fotográfica, caja de tecnopor, guantes descartables, mascarillas, guardapolvo, lentes de seguridad y herramientas manuales.
	Ensayos de laboratorio.	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Instrumentos utilizados según el laboratorio UNALM que realizó el análisis.
Concentración de metales pesados en el suelo rizósferico de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.).	Recolección de datos de campo.	Muestreo de suelo superficial, técnica mediante hoyos.	Cadena de custodia, bolsas herméticas, GPS, cámara fotográfica, caja de tecnopor, guantes descartables, mascarillas, guardapolvo, lentes de seguridad y herramientas manuales.
	Ensayos de laboratorio.	Espectrofotometría de Absorción Atómica.	Instrumentos utilizados según el laboratorio UNALM que realizó el análisis.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Para la presentación de datos.

Las tablas y figuras se diseñaron utilizando el programa Excel, los datos presentados en esta tesis son de forma cuantitativa y cualitativa:

Los datos cualitativos, viene a ser la información proporcionada en el marco metodológico, que fueron relacionados y extraídos a partir de las revisiones bibliográficas, siendo esto información descriptiva.

Los datos cuantitativos vienen a ser la representación de tablas y figuras de los resultados, debidamente procesados para facilitar los análisis estadísticos.

3.3.5 Para el análisis e interpretación de los cuadros.

El procesamiento de datos se llevó a cabo por el análisis estadístico descriptivo. Las técnicas para el procesamiento y análisis de datos a utilizarse se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

Técnicas del procesamiento y análisis de datos

ETAPA	ELEMENTO	TÉCNICA DE LABORATORIO
Procesamiento	Concentración de metales Cd, Pb y As de la planta y el suelo rizósferico.	Espectrofotometría de Absorción Atómica.
Análisis	El análisis de la información, se llevó a cabo usando el programa de Excel y SPSS. v25, tanto para la validación de los datos de laboratorio, el cálculo de los índices de valoración de tolerancia (FBC y FT), los cálculos estadísticos descriptivos. Así mismo para el análisis de la información estadística se usará el ANOVA.	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El informe del análisis especial en foliar y suelo de las muestras de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) procedentes de la desmontera minera Rumiallana, se realizaron en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad de Nacional Agraria La Molina ver (Anexo 2), el cual permitió conocer los indicadores de la presente investigación.

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

- Determinación de la concentración de metales pesados Cd, Pb y As en la parte aérea de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana.

Los datos obtenidos por el laboratorio se muestran en la tabla 7 que corresponde a la parte aérea de la planta, donde la muestra 1 tiene 3.98 (mg/kg) de Cd, 29.73 (mg/kg) de Pb y 4.63 (mg/kg) de As, la muestra 2 tiene 13.43 (mg/kg) de Cd, 50.43 (mg/kg) de Pb y 4.35 (mg/kg) de As y por último la muestra 3 tiene 5.43 (mg/kg) de Cd, 43.25 (mg/kg) de Pb y 4.95 (mg/kg) de As.

Tabla 7

Concentración de metales pesados Cd, Pb y As - parte aérea

Nº DE MUESTRAS	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)
parte aérea 1	3.98	29.73	4.63
parte aérea 2	13.43	50.43	4.35
parte aérea 3	5.43	43.25	4.95

Fuente: Lab. Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes – UNALM

Se observa que el metal con mayor concentración en la parte aérea es el Pb, con valores de 50.43 (mg/kg), 43.25 (mg/kg) y 29.73 (mg/kg); y con concentraciones menores viene a ser el Cd con valores de 13.43 (mg/kg), 5.43(mg/kg) y 3.98 (mg/kg); y también el As con valores de 4.63 (mg/kg), 4.35 (mg/kg) y 4.95 (mg/kg).

Así mismo en la tabla 8 se presenta el resumen estadístico descriptivo obtenidos mediante el programa SPSS.v25.

Tabla 8

Resumen de la Estadística Descriptiva - P.A

Metales Pesados	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Cd	3	7.61	5.09	2.94	-5.03	20.26	3.98	13.43
Pb	3	41.14	10.51	6.07	15.03	67.25	29.73	50.43
As	3	4.64	0.30	0.17	3.90	5.39	4.35	4.95
Total	9	17.80	18.50	6.17	3.58	32.02	3.98	50.43

Fuente: Elaboración propia.

Donde se puede observar que la media para el Cd, Pb y As es 7.61, 41.1 y 4.64 respectivamente; así mismo la desviación de los metales es 5.09; 10.51 y 0.30 respectivamente.

Para validar mis datos de las concentraciones de los metales pesados Cd, Pb y As en la parte aérea de la planta se ha utilizado el análisis de varianza (ANOVA). Donde se consideró un alfa de 0.05 y una probabilidad del 95%, cuyos resultados se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Análisis de Varianza (ANOVA) - P. A

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,464.40	2	1,232.20	27.09	0.061
Dentro de grupos	272.93	6	45.49		
Total	2,737.32	8			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se observó que el valor de significancia es mayor a alfa siendo este 0.061, lo que indica que los datos de las tres repeticiones de la parte aérea de cada planta no presentan diferencias significativas, por lo que se concluye que los datos de las tres repeticiones de la parte aérea pertenecientes a la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) son estadísticamente iguales.

- Determinación de la concentración de metales pesados Cd, Pb y As en la raíz de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana.

Los datos obtenidos por el laboratorio se muestran en la tabla 10 que corresponde a la raíz de la planta, donde la muestra 1 tiene 4.73 (mg/kg) de Cd, 29.08 (mg/kg) de Pb y 7.00 (mg/kg) de As, la muestra 2 tiene 8.65 (mg/kg) de Cd, 356.50 (mg/kg) de Pb y 7.03 (mg/kg) de As y por último la muestra 3 tiene 9.05 (mg/kg) de Cd, 768.50 (mg/kg) de Pb y 8.63 (mg/kg) de As.

Tabla 10

Concentración de metales pesados Cd, Pb y As - R

Nº DE MUESTRAS	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)
raíz 1	4.73	29.08	7.00
raíz 2	8.65	356.50	7.03
raíz 3	9.05	768.50	8.63

Fuente: Lab. Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes – UNALM

Se observa que el metal con mayor concentración en la raíz es el Pb, con valores de 768.50 (mg/kg), 356.50 (mg/kg) y 29.08 (mg/kg); y con concentraciones menores viene a ser el Cd con valores de 9.05 (mg/kg), 8.65(mg/kg) y 4.73 (mg/kg) y también el As con valores de 4.63 (mg/kg), 4.35 (mg/kg) y 4.95 (mg/kg).

Así mismo en la tabla 11 se presenta el resumen estadístico descriptivo obtenidos mediante el programa SPSS.v25.

Tabla 11

Resumen de la Estadística Descriptiva - R

Metales Pesados	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Cd	3	7.48	2.39	1.38	1.55	13.41	4.73	9.05
Pb	3	384.69	370.52	213.92	-535.72	1,305.10	29.08	768.5
As	3	7.56	0.93	0.54	5.24	9.87	7.00	8.63
Total	9	133.24	264.36	88.12	-69.97	336.45	4.73	768.5

Fuente: Elaboración propia.

Donde se puede observar que la media para el Cd, Pb y As es 7.48, 384.69 y 7.56 respectivamente; así mismo la desviación de los metales es 2.39; 370.52 y 0.93 respectivamente.

Para validar mis resultados de laboratorio de las concentraciones de los metales pesados Cd, Pb, y As en la raíz de la planta se ha utilizado el análisis de varianza (ANOVA) donde se consideró un alfa de 0.05 y una probabilidad del 95%., cuyos resultados como se muestran en la tabla 12.

Tabla 12

Análisis de Varianza (ANOVA)- R

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	284,526.999	2	142,263.500	3.109	0.118
Dentro de grupos	274,576.400	6	45,762.733		
Total	559,103.399	8			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se observó que el valor de significancia es mayor a alfa siendo este 0.118, lo que indica que los datos de las tres repeticiones de la raíz de cada planta no presentan diferencias significativas, por lo que se concluye que los datos de las tres repeticiones de la raíz pertenecientes a la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) son estadísticamente iguales.

- Determinación de la concentración de metales pesados Cd, Pb y As en el suelo rizósferico de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana.

Los datos obtenidos por el laboratorio se muestran en la tabla 13 que corresponde al suelo rizósferico de la planta de cada muestra con su respectivo metal donde la muestra 1 tiene 3.49 (mg/kg) de Cd, 406.78 (mg/kg) de Pb y 16.70 (mg/kg) de As, la muestra 2 tiene 47.36 (mg/kg) de Cd, 12.75.12 (mg/kg) de Pb y 19.31 (mg/kg) de As y por último la muestra 3 tiene 45.51 (mg/kg) de Cd, 3626.43 (mg/kg) de Pb y 16.94 (mg/kg) de As.

Tabla 13*Concentración de metales pesados Cd, Pb y As – S.R*

Nº DE MUESTRAS	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)
suelo 1	3.49	406.78	16.70
suelo 2	47.36	12075.12	19.31
suelo 3	45.51	3626.43	16.94

Fuente: Lab. Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes – UNALM

Se observa que el metal con mayor concentración en el suelo rizósferico es el Pb, con valores de 12075.12 (mg/kg), 3626.43 (mg/kg) y 406.78 (mg/kg); y con concentraciones menores viene a ser el Cd con valores de 47.36 (mg/kg), 45.51(mg/kg) y 3.49 (mg/kg) y también el As con valores de 19.31 (mg/kg), 16.94 (mg/kg) y 16.70 (mg/kg).

Así mismo en la tabla 14 se presenta el resumen estadístico descriptivo obtenidos mediante el programa SPSS.ver25.

Tabla 14*Resumen de la Estadística Descriptiva – S.R*

Metales Pesados	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Cd	3	32.12	24.81	14.33	-29.52	93.76	3.49	47.36
Pb	3	5,369.44	6,026.29	3,479.28	-9,600.68	20,339.57	406.78	12,075.12
As	3	17.86	1.81	1.04	13.38	22.35	16.70	19.94
Total	9	1,806.47	4,027.41	1,342.47	-1,289.27	4,902.21	3.49	12,075.12

Fuente: Lab. Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes – UNALM

Donde se puede observar que la media para el Cd, Pb y As es 32.12; 5,369.44 y 17.86 respectivamente; así mismo la desviación de los metales es 24.81; 6,026.29 y 1.81 respectivamente.

Para validar mis resultados de laboratorio de las concentraciones de los metales pesados Cd, Pb y As en el suelo rizósferico de la planta se ha utilizado el análisis de varianza (ANOVA), donde se consideró un alfa de 0.05 y una probabilidad del 95%, cuyos resultados se muestran en la tabla 15.

Tabla 15*Análisis de Varianza (ANOVA)- S.R*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	57,126,667.886	2	28,563,333.943	2.360	0.175
Dentro de grupos	72,633,460.143	6	12,105,576.691		
Total	129,760,128.029	8			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se observó que el valor de significancia es mayor a alfa siendo este 0.175, lo que indica que los datos de las tres repeticiones en el suelo rizósferico de cada planta no presentan diferencias significativas, por lo que se concluye que los datos de las tres repeticiones en el suelo rizósferico pertenecientes a la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) son estadísticamente iguales.

- Determinación del Factor de Bioconcentración y Traslocación de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, de los metales pesados Cd, Pb y As.

Los cálculos obtenidos mediante las fórmulas del FBC para la parte aérea se muestran en la tabla 16.

Tabla 16*Factor de Bioconcentración – P.A*

FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN – PARTE AÉREA			
Nº de muestra	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)
Muestra 1	1.14	0.07	0.28
Muestra 2	0.28	0.00	0.23
Muestra 3	0.12	0.01	0.29

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los valores del FBC en la parte aérea son pequeños, siendo el único valor alto el de la muestra 1 con respecto al metal Cd siendo este 1.14.

Así mismo en la tabla 17 se presenta el resumen estadístico descriptivo obtenidos mediante el programa SPSS.v25.

Tabla 17*Resumen de la Estadística Descriptiva - FBC- P.A*

		FBC_Cd_PA	FBC_Pb_PA	FBC_As_PA
N	Válido	3	3	3
	Perdidos	0	0	0
Media		0.51443	0.02973	0.26491
Error estándar de la media		0.316557	0.021793	0.020283
Desv. Desviación		0.548293	0.037747	0.035132

Fuente: Elaboración propia.

Donde se puede observar que la media para el FBC – Cd – P.A, FBC – Pb – P.A y FBC – As – P.A es 0.51443, 0.02973 y 0.26491 respectivamente; así mismo su desviación para los FBC - PA es 0.548293; 0.037747 y 0.035132 respectivamente.

Los cálculos obtenidos mediante las fórmulas del FBC para la raíz se muestran en la tabla 18.

Tabla 18*Factor de Bioconcentración - R*

FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN - RAÍZ			
Nº de muestra	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)
Muestra 1	1.36	0.07	0.42
Muestra 2	0.18	0.03	0.36
Muestra 3	0.20	0.21	0.51

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los valores del FBC en la raíz son pequeños, siendo el único valor alto el de la muestra 1 con respecto al metal Cd siendo este 1.36.

Así mismo en la tabla 19 se presenta el resumen estadístico descriptivo obtenidos mediante el programa SPSS.v25.

Tabla 19*Resumen de la Estadística Descriptiva – FBC- R*

		FBC_Cd_R	FBC_Pb_R	FBC_As_R
N	Válido	3	3	3
	Perdidos	0	0	0
Media		0.57893	0.10431	0.43089
Error estándar de la media		0.388212	0.05515	0.042377
Desv. Desviación		0.672402	0.095523	0.073399

Fuente: Elaboración propia.

Donde se puede observar que la media para el FBC – Cd – R, FBC – Pb – R y FBC – As – R es 0.57893, 0.10431 y 0.43089 respectivamente; así mismo su desviación para los FBC - R es 0.672402; 0.095523 y 0.073399 respectivamente.

Los cálculos obtenidos mediante las fórmulas del FT para la planta se muestran en la tabla 20.

Tabla 20
Factor de Traslocación

FACTOR DE TRASLOCACIÓN			
Nº de muestra	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)
Muestra 1	0.84	1.02	0.66
Muestra 2	1.55	0.14	0.62
Muestra 3	0.60	0.06	0.57

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los valores del FT en la planta son pequeños, siendo los únicos valores altos el de la muestra 1 y 2 con respecto al metal Pb y Cd siendo estos valores 1.02 y 1.55 respectivamente.

Así mismo en la tabla 21 se presenta el resumen estadístico descriptivo obtenidos mediante el programa SPSS.v25.

Tabla 21
Resumen de la Estadística Descriptiva - FT

		FT_Cd	FT_Pb	FT_As
N	Válido	3	3	3
	Perdidos	0	0	0
Media		0.998	0.4067	0.6179
Error estándar de la media		0.28592	0.30881	0.02536
Desv. Desviación		0.49523	0.53487	0.04393

Fuente: Elaboración propia.

Donde se puede observar que la media para el FT – Cd , FT – Pb y FT – As es 0.998, 0.4067 y 0.6179 respectivamente; así mismo su desviación para los FT es 0.49523; 0.53487 y 0.04393 respectivamente.

- Determinación de la hiperacumulación de metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) de la desmontera minera de Rumiallana.

La hiperacumulación de los metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se encuentra en la desmontera minera de Rumiallana, se llegó a determinar por tres criterios, que a continuación mencionaremos:

Primero: Acumular elevadas concentraciones de metales pesados en su parte aérea, siendo estos valores mayores a 100 mg·kg⁻¹ de Cd; 1000 mg·kg⁻¹ para As y Pb, según los resultados mostrados en la tabla N° 01, los valores promedios en la parte aérea de la planta son 7.61 (mg/kg) de Cd, 41.14 (mg/kg) de Pb y 4.64 (mg/kg) de As.

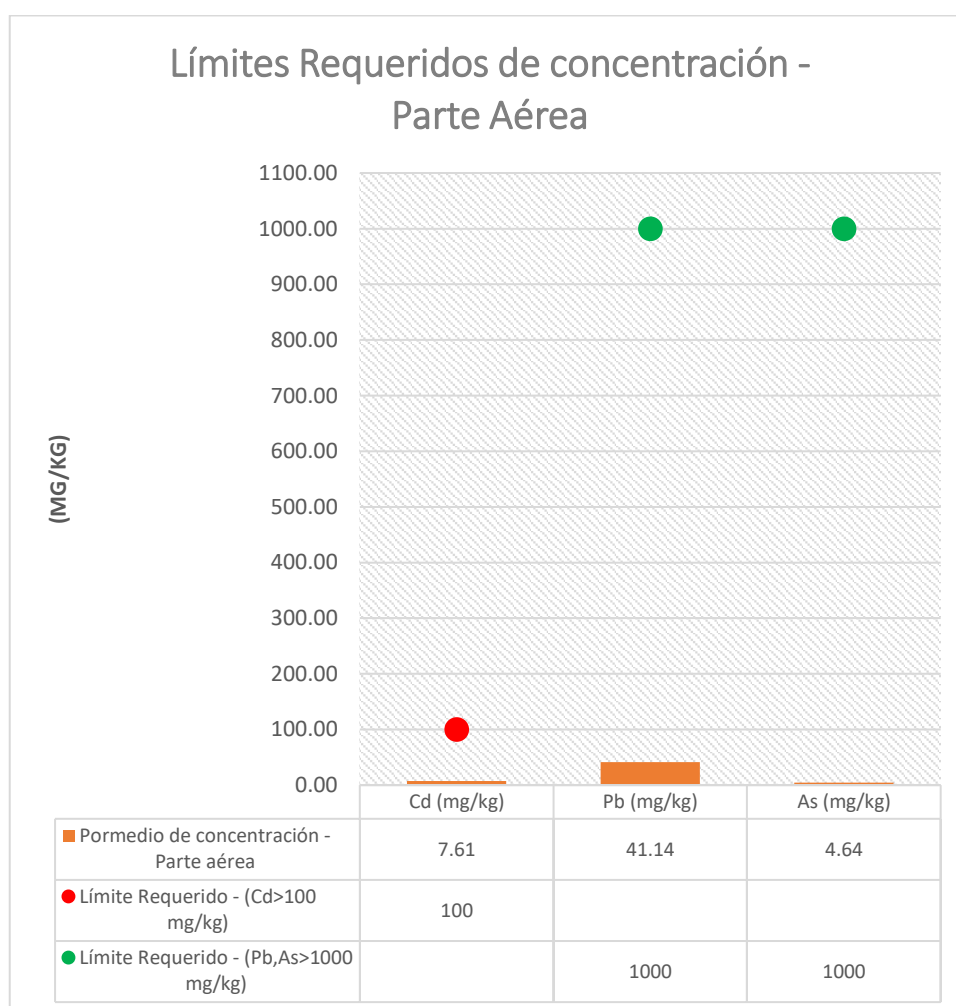


Figura 5. Criterio 01 – Cd>100mg/kg, Pb y As>1000mg/kg
Fuente: Elaboración propia.

En la figura se observa que la parte área tiene valores muy por de bajos del límite requerido. Por lo que ninguno de las concentraciones paso el limite requerido.

Segundo: El factor de bioconcentración que se define como el contenido de metales pesados en la planta con respecto al suelo > 1 , como se observa en la tabla 10 y 11.

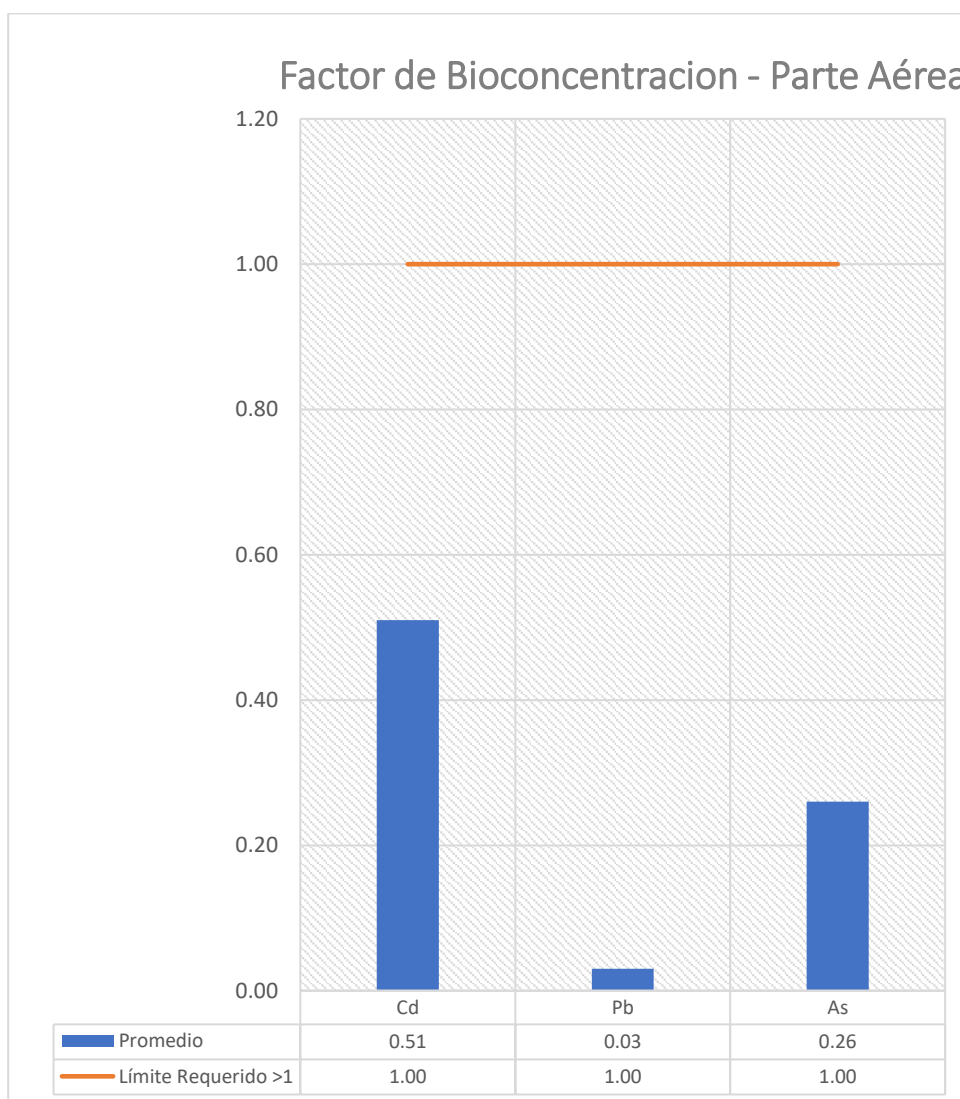


Figura 6. Criterio 02 – FBC - Parte aérea
Fuente: Elaboración propia.

En la figura se observa que los valores promedio del factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta son: Cd =0.51, Pb=0.03 y As=0.26. Por lo que ninguno es mayor a 1.

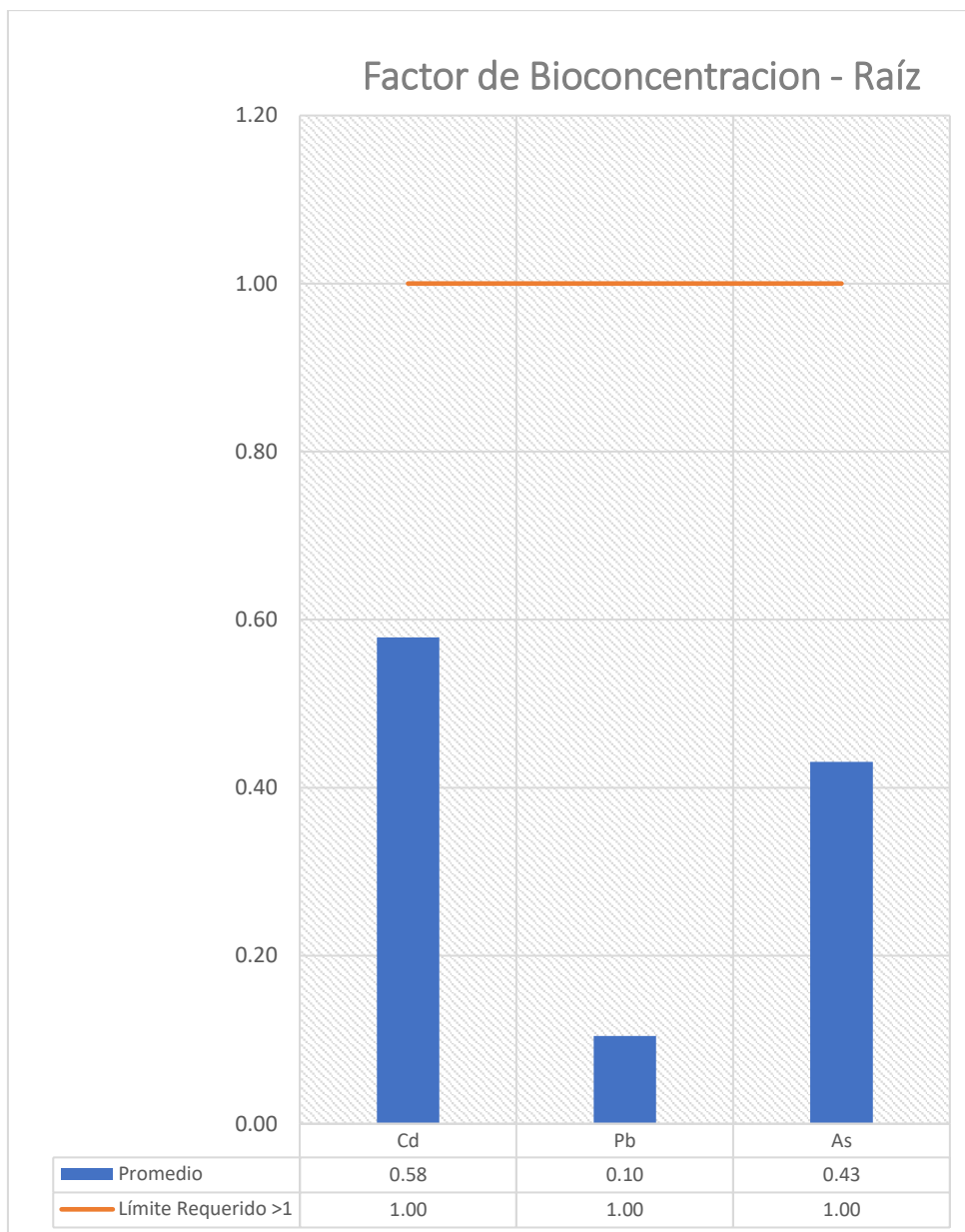


Figura 7. Criterio 02 – FBC - Raíz
Fuente: Elaboración propia.

En la figura se observa que los valores promedio del factor de bioconcentración en la raíz de la planta son: Cd =0.58, Pb=0.10 y As=0.43. Por lo que ninguno es mayor a 1.

Tercero: El Factor de traslocación que es el contenido de metales en la parte aérea de la planta con respecto a la raíz > 1.

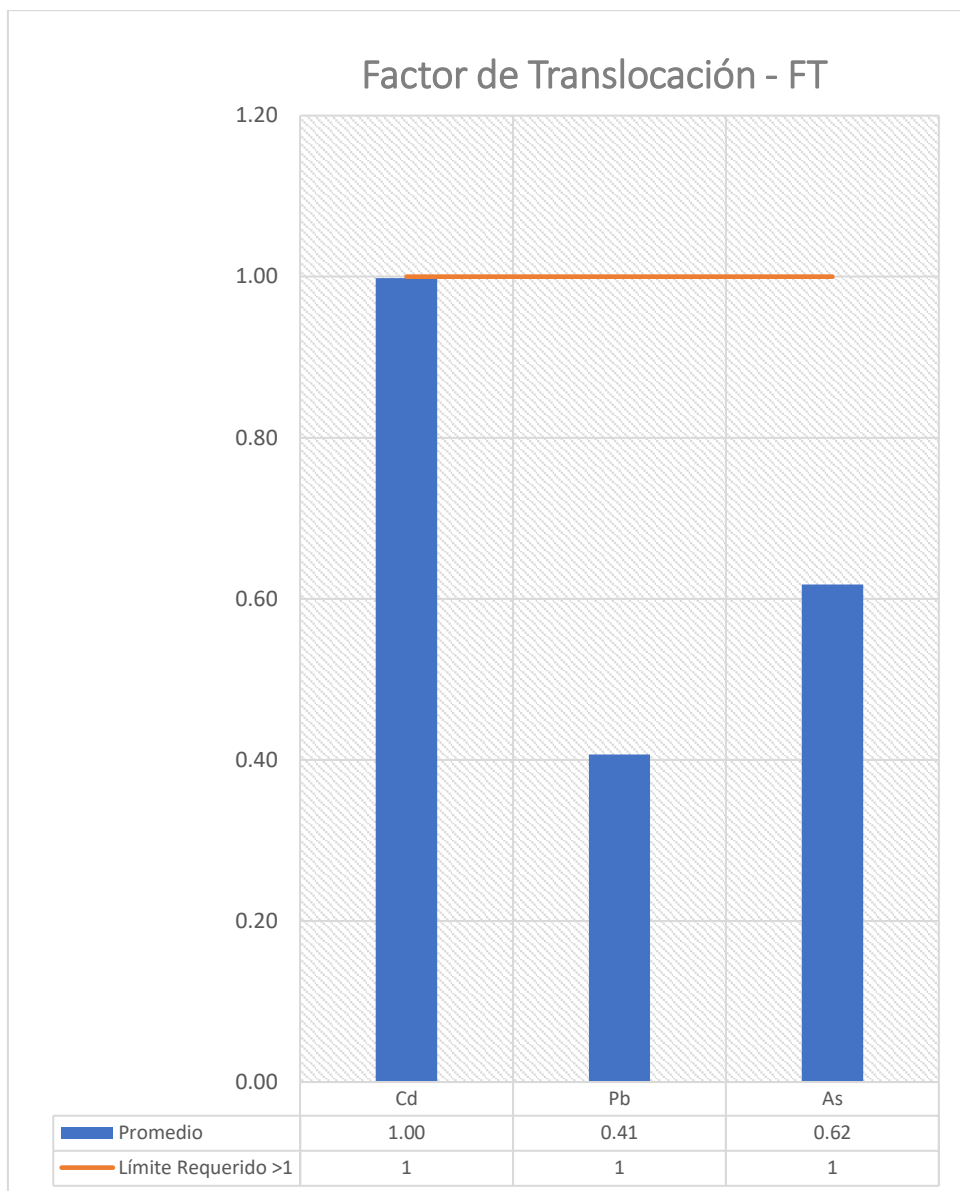


Figura 8. Criterio 03 - FT
Fuente: Elaboración propia.

En la figura se observa que los valores promedio del factor de traslocación de la planta son: Cd =1.00, Pb=0.41 y As=0.62. Por lo tanto, ninguno es mayor a 1.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

- **Hi:** La parte aérea de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana.

Según los resultados del laboratorio la parte aérea de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) tiene concentración de metales

pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (Hi).

- **Hi:** La raíz de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana.

Según los resultados del laboratorio la raíz de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (Hi).

- **Hi:** El suelo rizósferico de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana.

Según los resultados del laboratorio el suelo rizósferico de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (Hi).

- **Hi:** El Factor de Bioconcentración y Traslocación es calculable para la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, con respecto a los metales pesados Cd, Pb y As.

Según los cálculos realizados, cuyos resultados se muestran en las tablas N°16, N°18 y N°20, podemos afirmar que, si es calculable el factor de bioconcentración y el factor de traslocación con respecto a los metales Cd, Pb y As. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (Hi).

- **Hi:** La planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, si es hiperacumuladora de los metales pesados Cd, Pb y As.

Dado a los cálculos y la validación de los criterios, se llega a determinar de que no se llega a cumplir con los tres criterios requeridos para poder clasificar a una planta hiperacumuladora, Descartándose así la hipótesis alternativa (H_i) y validando la hipótesis nula (H_o).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Dado los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se determinó que las concentraciones de metales pesados de la planta Taya en la parte aérea son: 7.61 mg/kg de Cd, 41.14 mg/kg de Pb y 4.64 mg/kg de As; de la misma manera se determinó las concentraciones en la raíz siendo estos: 7.48 mg/kg de Cd, 384.69 mg/kg de Pb y 7.55 mg/kg de As; por último se determinó las concentraciones en el suelo rizósferico donde se obtuvo: 32.12 mg/kg de Cd, 5369.44 mg/kg de Pb y 17.65 mg/kg de As. Seguidamente se evaluaron los criterios para que dicha planta sea considerada como hiperacuamuladora, donde en el primer criterio según los resultados se determinó que están muy por debajo de los límites requeridos en la parte aérea, siendo menores a 100 mg/kg y 1000 mg/kg. Así mismo se determinó los factores de bioconcentración y traslocación son inferiores a 1.

En investigaciones de años pasados donde se han estudiado plantas nativas como posibles hiperacumuladoras como viene a ser el estudio que se realizó en la tesis titulada: (Riffo, 2016) “*Transferencia de metales pesados Cu, Pb, Zn, Ni, Co y Cr desde un suelo de la comuna de Talcahuano a las plantas Salicornia y Lolium Perenne*”, dio como resultado que el mayor contenido de los metales Pb y Cr han sido acumulado por la raíz de *Lolium perenne* (macetero CM4) Algo semejante ocurre en mi investigación con respecto al metal Pb que se encuentra en mayor concentración en la parte de la raíz de la planta Taya (*Baccharis tola* Phil.) Así mismo concluyo que las dos plantas no son hiperacumuladoras ya que no cumple con el primer criterio planteado en la investigación donde la parte aérea de la planta, debe tener concentraciones superiores a 100 mg/Kg para Cd; 1000 mg/Kg para Al, As, Co, Cu, Cr, Ni, Se, Pb y 10000 mg/Kg para Zn y Mn. Algo semejante ocurre en la presente investigación, la planta estudiada no es hiperacumuladora, ya que no cumple con los tres criterios mencionados.

Por otro lado, en el estudio (Queupuan, 2017), en su investigación titulada: “*Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de Atriplex halimus L.*” concluye que el suelo presentó una alta concentración de plomo a nivel de contaminación. Así mismo ocurre en mi investigación donde los resultados de concentración del Pb en el suelo son altos. Por otro lado, la planta *Atriplex halimus L.* tiene la capacidad de acumular Pb en la parte de la raíz, siendo una especie recomendada para la fitoestabilización de suelos contaminados con plomo. Y con respecto a la presente investigación se puede deducir que la planta *Baccharis Tola Phil.* puede ser considerada como una posible planta fitoestabilizadora.

En la investigación de Hernández (2017) titulada: “*Evaluación de la Chicura (Ambrosia Ambrosioides) como especie fitorremediadora de suelo contaminados por metales pesados*”, llegó a la conclusión de que la planta acumula mayor concentración de Cu y Cd en la parte aérea, con una acumulación de 2.4483 mg kg⁻¹ de Cobre y 1.1250 mg kg⁻¹ de Cadmio, mientras que en la raíz fue menor, siendo así esta planta considerada como una posible planta hiperacumuladora. En la presente investigación sucede lo contrario, los resultados muestran una mayor concentración en la parte de la raíz que en la parte aérea de la planta (*Baccharis Tola Phil*) por lo tanto la planta no es hiperacumuladora.

En la investigación de Dávila y Walter (2018) titulada: “*Capacidad Fitorremediadora de las Especies de Flora Herbácea Silvestre con Mayor Valor de Importancia en la Zona de Pasivos Mineros El Sinchao, Distrito de Chugur, Provincia de Hualgayoc, Cajamarca – Perú 2017*”. Donde obtuvieron como conclusión que la concentración de metales pesados se da en la parte de la raíz en la mayoría de las especies, las especies que se puede aplicar para fitoestabilización son: *Lachemilla orbiculada* para el Cd y Mn y el *Juncus conglomeratus* para el Cd, Cr y Zn; deduciendo que el metal Cd por lo general se acumula en mayor cantidad en la raíz a comparación de la parte aérea de las plantas, algo que también se llega a confirmar en la presente investigación con respecto los metales Pb y As que se acumulan en mayor concentración

en la parte de la raíz que la parte aérea, pudiéndose aplicar esta especie para la técnica de fitoestabilización.

La investigación de León (2017) titulada: “*Capacidad Fitorremediadora de Especies Altoandinas para Suelos Contaminados por Metales Pesados Procedentes de la Compañía Minera Lincuna Sac, en Condiciones de Invernadero, 2015-2016*”. Concluye que las especies *Achyrocline alata* (Kunth) DC., y *Werneria nubigena* Kunth acumulo plomo significativamente en cantidades de 4808.08 mg/kg y 1159.98 mg/kg respectivamente en la raíz; en la presente investigación también se puede observar que hay una mayor acumulación de plomo en la raíz siendo esta cantidad de 384.69 mg/kg.

La investigación Falcon (2017), titulada “*Fitoextracción de Metales Pesados en Suelo Contaminado con Zea Mays L. en la Estación Experimental El Mantaro - Junín*” en el año 2016”. Concluyo que el maíz es una planta excluyente de metales pesados con la excepción de sus semillas, por tener el factor de bioconcentración menor que uno, las conclusiones que se han obtenido en la presente investigación de la especie *Baccharis Tola Phil.*, también tiene un factor de bioconcentración menor a 1, por lo que se considera a la planta como una posible fitoestabilizadora.

La investigación de Dextre (2017) titulada “*Acumulación de metales pesados en Senecio rufescens DC. en dos lagunas altoandinas de las regiones de Lima y Junín, Perú*”, llego a la conclusión; de que la planta *Senecio rufescens* es una especie exclusora de As y Pb, potencialmente útil para estudios de fitoestabilización de suelos contaminados; de esto se puede deducir que el As y Pb son metales pesados que se acumulan mayormente en la raíz, hecho que ocurre también en la investigación que se está realizando, donde la mayor acumulación de Pb es en la raíz de la planta *Baccharis Tola Phil.*

La investigación de Papuico (2018) titulada: “*Técnica de Fitorremediación en la Extracción de Metales Pesados con la Planta Yaluzai (Senecio Rudbeckiaefolius) en la Relavera de Quiulacocha del Distrito de Simón Bolívar*

de Rancas”, concluyó que la planta Yaluzai (*Senecio rudbeckiaefolius*) extrajo metales importantes como: Hierro (Fe), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Zinc (Zn), considerándose así una planta para la técnica de Fitoextracción ya que los metales capturados están acumulados en las partes cosechables de las plantas. Caso contrario se presenta en la investigación realizada donde se puede observar el Pb se acumula mayormente en la raíz de la planta (*Baccharis Tola Phil*).

En la siguiente tabla 22 se muestra una comparación de resultados del FBC y FT de la planta (*Baccharis Tola Phil*). con otros estudios de investigación realizados nacional e internacional en años anteriores.

Tabla 22

Comparación del FBC – FT con otras investigaciones

Investigación	Nombre Científico	Factor de Bioconcentración						Factor de Translocación		
		Parte Aérea			Raíz			Cd	Pb	As
		Cd	Pb	As	Cd	Pb	As			
Riffo (2016)	<i>Lolium Perenne</i>	ND	0.16	ND	ND	0.31	ND	ND	0.62	ND
Dávila y Walter (2018)	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	ND	ND	ND	0.099	0.024	0.076	0.333	0.539	0.364
	<i>Paspalum bonplandianum</i>	ND	ND	ND	0.846	0.751	0.224	0.662	0.45	0.738
	<i>Carex pichinchensis</i>	ND	ND	ND	0.148	0.05	0.048	0.259	0.305	0.643
	<i>Lachemilla orbiculata</i>	ND	ND	ND	2.418	0.536	0.097	0.443	0.208	0.5
	<i>Juncus conglomeratus</i>	ND	ND	ND	1.418	0.721	0.348	0.384	0.041	0.03
Falcon (2017)	<i>Zea mays L.</i>	0.17	0.01	ND	0.66	0.05	ND	0.26	0.2	ND
Dextre (2017)	<i>Senecio rufescens</i>	1.41	0.06	0.03	ND	ND	ND	1.76	0.56	0.63
Solis (2020)	<i>Baccharis Tola Phil.</i>	0.51	0.03	0.26	0.58	0.1	0.43	1	0.41	0.62

Fuente: Riffo 2016, Dávila y Walter 2018, Falcon 2017, Dextre 2017

De la tabla podemos deducir todas las plantas son posibles fitoestabilizadoras, a excepción del *Senecio rufescens* que puede ser una posible planta hiperacumuladora con respecto al metal Cd, debido que el FBC

Y FT es >1 . Por otro lado, la planta estudiada *Baccharis Tola Phil.* es una posible fitoestabilizadora, dado que los índices de valoración no tienen valores mayores 1.

CONCLUSIONES

A continuación, se menciona las conclusiones por cada objetivo planteado de la investigación:

Con respecto al objetivo específico 1

Las concentraciones de metales pesados en la parte aérea de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) son: 7.61 mg/kg de Cd, 41.14 mg/kg de Pb y 4.64 mg/kg de As.

Con respecto al objetivo específico 2

Las concentraciones de metales pesados en la raíz de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) son: 7.48 mg/kg de Cd, 384.69 mg/kg de Pb y 7.55 mg/kg de As.

Con respecto al objetivo específico 3

Las concentraciones de metales pesados en el suelo rizósferico de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) son: 32.12 mg/kg de Cd, 5369.44 mg/kg de Pb y 17.65 mg/kg de As.

Con respecto al objetivo específico 4

Así mismo se calculó el FBC y FT de la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.). Obteniéndose los valores promedio del factor de bioconcentración en la parte aérea Cd =0.51, Pb=0.03 y As=0.26; y en la raíz Cd =0.58, Pb=0.10 y As=0.43; y para el Factor de Traslocación 1.00 para Cd, 0.41 para Pb y 0.62 para As.

Con respecto al objetivo general

La planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.), para ser considerada como hiperacumuladora debe cumplir con tres criterios: los cuales son: primer criterio, la parte aérea debe superar el límite requerido de 100 mg/kg para Cd y 1000mg/kg para Pb y As; segundo y tercer criterio, el FBC y FT deben ser >1. Se concluye que la planta estudiada no llegó a cumplir con los tres criterios mencionados debido a que los valores de concentración en la parte aérea de Cd, Pb y As están muy por debajo del límite requerido, también el FBC y FT tiene valores promedios que no llegaron a ser mayores a 1. Por lo tanto, la planta Taya (*Baccharis tola* Phil.) no se considera como hiperacumuladora.

RECOMENDACIONES

A continuación, se menciona por cada objetivo su respectiva recomendación.

Con respecto al objetivo específico 1

Las muestras de la parte aérea deben tomarse teniendo en cuenta los siguientes criterios: visible ausencia de síntomas de fitotoxicidad (clorosis) y similar altura de la planta (indicaría el tiempo de vida).

Con respecto al objetivo específico 2

Para separar la parte aérea y raíz se debe utilizar una tijera inoxidable.

Con respecto al objetivo específico 3

La muestra de suelo rizósferico debe ser la que se encuentra en contacto directo con la raíz de la planta.

Con respecto al objetivo específico 4

Para hallar los cálculos del FT y FBC las unidades de las concentraciones deben ser las mismas (mg/kg).

Con respecto al objetivo general

Para determinar si una planta es hiperacumuladora de metales pesados la planta debe de cumplir con los tres criterios los cuales son: primer criterio, la parte aérea debe superar el límite requerido de 100 mg/kg para Cd y 1000mg/kg para Pb y As; segundo y tercer criterio, el FBC y FT deben ser >1.

Otras recomendaciones

Las muestras deben ser almacenadas en bolsas de papel Kraft (parte aérea y raíz), bolsas herméticas (suelo) y posteriormente ser almacenadas en caja de tecnoport para él envío al laboratorio.

Realizar el estudio de investigación de la planta nativa Taya en épocas de verano e invierno, para ver las diferencias que se pueden presentar en las concentraciones de los metales pesados en dichos tiempos.

Realizar la comparación en diferentes etapas de crecimiento de la planta pudiendo ser estas en la etapa joven como adulta.

Realizar análisis físico - químico del suelo y ver la interacción del suelo con la planta, para determinar la influencia de estos factores a la planta.

Realizar estudios del tiempo de vida de la planta, así como su auto propagación en la desmontera minera Rumiallana.

Se recomienda investigar la acumulación de otros metales pesados en la planta nativa Taya, para determinar si es hiperacumuladora para otros tipos de metales pesados, debido que en el presente estudio solo nos enfocamos en los metales Cd, Pb y As.

Realizar un estudio de la planta nativa Taya como posible fitoestabilizadora debido que tiene alta concentración de metales pesados en la raíz, el FBC es menor a 1 y el FT también es menor a 1.

Cuando la planta haya sido cosechable e incinerada decidir si va a un confinamiento o a un laboratorio de química analítica o industrial para que se pueda reutilizar estos metales.

REFERENCIAS

- Baker, A. (1981). Accumulators and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals. *Journal of Plant Nutrition*, 3(1-4), 643–654. doi:10.1080/01904168109362867
- Baker, A., & Brooks, R. (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*, 1, 811-826.
- Barceló, J., & Poschenrieder, C. (2003). Phytoremediation: Principles and perspectivas. *Contributions to Science*, 2(3), 333-344. Obtenido de <http://revistes.iec.cat/index.php/CtS/article/download/310/309>
- Becerril, J., O., B., García Plazaola, J., Hernández, A., Olano, J., & Garbisu, C. (2007). Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. *Ecosistemas*, 16(2). Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/128>
- Birley, N., & Lock, K. (1998). Health and peri-urban natural resource production. *Environment and Urbanisation*, 10(1), 89-106. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/237219725_Health_and_peri-urban_natural_resource_production
- Brooks, R. (1998). *Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals—Their Role in Phytoremediation, Microbiology, Archaeology, Mineral Exploration and Phytomining*. New York: International Center for Agriculture and Biosciences.
- Chaney, R., Malik, M., Li, Y., Brown, S., Brewer, E., Angle, J., & Baker, A. (1997). Phytoremediation of soil metals. *Current Opinion in Biotechnology*, 8, 279-284.
- Chávez, R. (2018). Evaluación geoquímica e identificación de drenaje ácido de roca de los desmontes, mineral y pared de tajo de la UEA - Cerro de Pasco Compañía Volcan. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2128
- Chibuike, G., & Obiora, S. (2014). Heavy metal polluted soils: Effect on plants and bioremediation methods. *Applied and Environmental Soil Science*, ISSN 16877675. doi:10.1155/2014/752708
- CLUIS, C. (2004). Junk-greedy greens: phytoremediation as a new option for soil decontamination. *Bio. Tech. Journal*, 2, 60-67.
- Dávila, N., & Walter, L. (2018). Capacidad Fitorremediadora de las Especies de Flora Herbácea Silvestre con Mayor Valor de Importancia en la Zona de Pasivos Mineros El Sinchao, Distrito de Chugur, Provincia de Hualgayoc, Cajamarca – Perú 2017. (*tesis de pregrado*). Universidad

Privada del Norte, Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13482/D%C3%A1vila%20Mego%2C%20Nancy%20Karina%3B%20Walter%20Villegas%2C%20Lorena%20Chabeli.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., & Acevedo, O. (2011). FITORREMEDIACIÓN: UNA ALTERNATIVA PARA ELIMINAR LA CONTAMINACIÓN. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 597-612. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

Derechos sin fronteras. (2018, Marzo 5). *Derechos sin fronteras*. Obtenido de <https://derechosinfronteras.pe/afectados-por-metales-pesados-toxicos-logran-comromiso-del-minsa-para-atender-su-problematica/>

Dextre, A. (2017). Acumulación de metales pesados en *Senecio rufescens* DC. en dos lagunas altoandinas de las regiones de Lima y Junín, Perú. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional Mayor de San Marco, Lima. Obtenido de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/7232>

Durán, P. (2010). Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana. (*tesis doctoral*). Universidad de Barcelona, Barcelona. Obtenido de <https://www.tdx.cat/handle/10803/970#page=1>

Falcon, J. (2017). Fitoextracción de Metales Pesados en Suelo Contaminado con Zea Mays L. en la Estación Experimental El Mantaro - Junín” en el año 2016. (*tesis de maestría*). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4611/Falcon%20Estrella.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, I., & Dorronsoro, C. (2005). *Contaminación por metales pesados*. Obtenido de Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm>

Garzón, J., Rodríguez, J., & Hernández, C. (2017). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad y Salud*, 19(2), 309-318. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rus.171902.93>

Gil, C., Ramos-Miras, J., & Boluda, R. (2002). Niveles estándar de Cu, Zn y Co y evaluación de la contaminación en los suelos de los invernaderos de la comarca del poniente (Almería-España). *Edafología*, 9(3), 283-294. Obtenido de <http://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/partes%20volumen%209-3/paginas%20283-294.pdf>

Ginocchio, R. (1996). Cuantificación de la tolerancia al cobre y al sulfato en dos. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69, 413-424.

- Gobierno Regional de Pasco. (2016). *Plan de Desarrollo Regional Concertado Actualizado Pasco al 2021*. Obtenido de <http://www.regionpasco.gob.pe/wps/institucional/documentos-de-gesti3n/p-d-r-c/p-d-r-c-2015-2021>
- Gomez, N. (2019). Absorci3n 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 remediaci3n ambiental. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional Daniel Alcides Carri3n, Cerro de Pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1445>
- Hern3ndez, L. (2017). Evaluaci3n de la Chicura (*Ambrosia Ambrosioides*) como especie fitorremediadora de suelo contaminados por metales pesados. (*tesis de pregrado*). Universidad Aut3noma Agraria Antonio Narro, Torre3n. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42370/LUIS%20HUMBERTO%20HERN%20C3%81NDEZ%20MEDINA.pdf?sequence=1>
- Hern3ndez, R., Fern3ndez, C., & Baptista, M. d. (2015). *Metodolog3a de la Investigaci3n* (Sexta ed.). M3xico: McGraw-Hill.
- Hualpa, M. (2018). Captura de carbono (co2) en dos especies de "tola" (*Parastrephia lepidophylla* wedd) y (*Baccharis incarum* wedd) en el Sector Ilusta distrito de Mazocruz – Puno. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Kabata, A., & Pendias, H. (2000). *Trace Elements in Soils and Plants*. Boca Rat3n: CRC Press. Obtenido de <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Soil/Trace-Elements-in-Soils-and-Plants.pdf>
- Kidd, P., Becerra, C., Garc3a, M., & Monterroso, C. (2007). Aplicaci3n de plantas hiperacumuladoras de niquel en la fitoextracci3n natural: el g3nero *Alyssum* L. *Ecosistemas*, 16(2), 26-43.
- Leon, V. (2017). Capacidad Fitorremediadora de Especies Altoandinas para Suelos Contaminados por Metales Pesados Procedentes de la Compa3a Minera Lincuna Sac, En Condiciones de Invernadero, 2015-2016. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional Santiago Ant3nez de Mayolo, Huaraz. Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1900/T033_72513051_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Llugani, M., Tolra, R., & Poschenrieder, C. y. (2007). Hiperacumulaci3n de metales: ¿Una ventaja para la planta y para el hombre? *Ecosistemas*, 16(2), 4-9. Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/124/121>

- Llugany, M., Tolrà, R., Poschnrieder, C., & Barceló, J. (2007). Hiperacumulación de metales: ¿una ventaja para la planta y para el hombre? *Ecosistemas*, 16(2), 4-9. Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/124/121>
- Londoño, L., Londoño, P., & Fabián, M. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 4(2), 145-153. doi:10.18684/BSAA(14)145-153
- Lopéz, M., & Grau, J. (2005). *Metales pesados, Materia orgánica y otros parámetros de la capa superficial de los suelos agrícolas y de los pastos de la España peninsular. II Resultados por Provincias*. Madrid: INIA, Departamento de Medio Ambiente. Obtenido de <https://www.worldcat.org/title/metales-pesados-materia-organica-y-otros-parametros-de-la-capa-superficial-de-los-suelos-agricolas-y-de-pastos-de-la-espana-peninsular-2-resultados-por-provincias/oclc/629110635?referer=di&ht=edition>
- Macek, T., Francova, K., Sura, M., & Mackova, M. (2006). Genetically modified plants with improved properties for phytoremediation purposes. *Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils*, 2(68), 85-108. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-4688-X_4
- Mamani, D., Dueñas, A., Medina, E., Iberos, J., & Martínez, E. (2003). *Estudio de la t'ola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S*. Puno.
- Medina, K., & Montano, Y. (2014). Determinación del Factor de Bioconcentración y Traslocación de Metales Pesados en el *Juncus Arcticus* Willd. y *Cortaderia Ruiduscula* Stapf, de Áreas Contaminadas con el Pasivo Ambiental Minero Alianza - Ancash 2013. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz. Obtenido de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Medina_y_Montano_2014.pdf
- Millán, R., Carpena, R., Schmid, T., Sierra, M., Moreno, E., Peñalosa, J., . . . Esteban, E. (2007). Rehabilitación de suelos contaminados con mercurio: Estrategias aplicables en el área de Almadén. *Ecosistemas*, 02(16). Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:QJmLYpQF3dUJ:https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/130/127+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>
- MINAM - Ministerio del Ambiente. (2014). Guía para muestreo de suelos. 38. Perú. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf

- Paca, F., Paca, R., Palao, A., Canaza, D., Bustinza, H., Vasquez, G., & Chambilla, R. (2003). *Autoridad Binacional del Lago Titicaca sistema TDPS. Estudio de la t'ola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito peruano del sistema*. Instituto de investigación, producción, servicios y capacitación, Puno.
- Papuico, K. (2018). Técnica de Fitorremediación en la Extracción de Metales Pesados con la Planta Yaluzai (Senecio Rudbeckiaefolius) en la Relavera de Quiulacocha del Distrito de Simón Bolívar de Rancas. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/457/1/TESIS%20KARITO.pdf>
- Peláez, M., Bustamante, J., & Gómez, E. (2016). PRESENCIA DE CADMIO Y PLOMO EN SUELOS Y SU BIOACUMULACIÓN EN TEJIDOS VEGETALES EN ESPECIES DE BRACHIARIA EN EL MAGDALENA MEDIO COLOMBIANO. (43), 82-101. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-24742016000200005
- Queupuan, M. (2017). Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de Atriplex halimus L. (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152823>
- Ramos, D. (2019). Determinación de Pb, Zn, Cu, As, Cd, Cr y Hg en el botadero de Rumiallana como fuente de contaminantes a las poblaciones del Distrito de Simón Bolívar y Yanacancha-Provincia de Pasco-2018. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1022>
- Reid, D. (2001). Mechanisms of micronutrient uptake in plants. *Australian Plant Physiology*, 28, 659-666. doi:10.1071/PP01037
- Riffo, C. (2016). Transferencia de metales pesados Cu, Pb, Zn, Ni, Co y Cr desde un suelo de la comuna de Talcahuano a las plantas Salicornia y Lolium Perenne. (tesis de pregrado). Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción. Obtenido de <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/1020>
- Rodríguez, R., & García, Á. (2006). *Los residuos minero-metalúrgicos en el medio ambiente*. Madrid: Ibergrafhi. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Lorenzo_Pacheco/publication/263741877_Los_residuos_minero-metalurgicos_en_el_medio_ambiente/links/55472f330cf24107d3981b93/Los-residuos-minero-metalurgicos-en-el-medio-ambiente.pdf

- Subhashini, V., Swamy, A., & Hema, K. R. (2013). Phytoremediation: Emerging and green technology for the uptake of cadmium from the contaminated soil by plant species. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES*, 4, 193-204. Obtenido de <http://www.ipublishing.co.in/ijesarticles/thirteen/articles/volfour/EIJES41020.pdf>
- Sun, Y., Zhou, Q., & Diao, C. (2008). Effects of cadmium and arsenic on growth and metal accumulation of Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. *Bioresource Technology*, 99(5), 1103-1110. Obtenido de <http://www.er-china.com/uploadfile/2013/0809/20130809102921972.pdf>
- Supo, J. (2014). *Cómo elegir una muestra* (Primera ed.). Arequipa: BIOESTADISTICO EIRL.
- Supo, J. (2015). *Cómo empezar una tesis* (Primera ed.). Arequipa: BIOESTADISTICO EIRL. Obtenido de www.bioestadistico.com
- Tlustos, P., Pavlíková, D., Száková, J., & Balík, J. (2006). Plant accumulation capacity for potentially toxic elements. *Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils*, 3(68), 53-84.
- Volke, T., Velasco, J., & De La Rosa, D. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. *Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat)*.
- Vyslouzilova, M., Tlustos, O., Szakova, J., & Pablicova, D. (2003). "As, Cd, Pb and Zn uptake by different *Salix* spp. Grown at soils enriched by high loads of these elements". *Plant soil and Enviroment*, 49(5), 191-196. Obtenido de <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/52849.pdf>
- Williamson, N. A., Johnson, M. S., & Bradshaw, A. D. (1982). *Mine Wastes Reclamation*. London: Mining Journal Books.
- Yachas, E. (2019). Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumos de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha - Simón Bolívar 2018. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1444>
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *The Science of the total environment*, 368(2-3), 456-464. doi:10.1016/j.scitotenv.2006.01.016.
- Zubero, M., Aurrekoetxea, J., Ibarluzea, J., Arenaza, M., Basterretxea, M., Rodríguez, C., & Ramón, J. (2008). Metales pesados (Pb, Cd, Cr y Hg) en población general. *Rev Esp Salud Pública*, 82(5), 481-492. Obtenido de <https://recyt.fecyt.es/index.php/RESP/article/view/2670>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: “Determinación de la Hiperacumulación de metales pesados Cd, Pb, y As en la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil.) de la desmontera minera Rumiallana entre los Distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, Pasco, 2019-2020”

Tesista: SOLIS CANTA, Steffany Susan

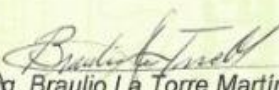
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN
				ENFOQUE: POBLACIÓN:
¿Cuál es la determinación de la Hiperacumulación de metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) de la desmontera minera Rumiallana entre los Distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, Pasco,2019-2020?	Determinar la hiperacumulación de metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) de la desmontera minera de Rumiallana.	Hi: La planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, si es hiperacumuladora de los metales pesados Cd, Pb y As. Ho: La planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana, no es hiperacumuladora de los metales pesados Cd, Pb y As.	V.CARACTERIZACIÓN: Planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.). Indicador: Parte aérea: [Cd] [Pb] [As] Raíz: [Cd] [Pb] [As] Suelo: [Cd] [Pb] [As]	Mixto (Cualitativo y cuantitativo). ALCANCE O NIVEL: Descriptivo porque se va describir, analizar e interpretar la concentración de los metales pesados en la planta nativa Taya. DISEÑO: No experimental transversal descriptivo porque se va a recolectar los datos en un tiempo único, sin generar modificaciones en las variables.
			V.INTERÉS: Hiperacumulación	Las plantas nativas Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana. MUESTRA: Planta: Tres muestras de la planta analizada, de las cuales de cada planta se va tomar en cantidades de 200 -250 g. de raíz y parte aérea respectivamente. Suelo: Muestra de suelo rizósferico de cada planta analizada en cantidades de 200 -250 g cada una.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOSTESIS ESPECIFICOS		
¿Cuál es la concentración de los metales pesados Cd, Pb y As en la parte aérea de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana?	Determinar la concentración de metales pesados Cd, Pb y As en la parte aérea de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana.	Hi: La parte aérea de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana.		
¿Cuál es la concentración de los metales pesados Cd, Pb y As en la raíz de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana?	Determinar la concentración de metales pesados Cd, Pb y As en la raíz de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana.	Hi: La raíz de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana.		
¿Cuál es la concentración de los metales pesados Cd, Pb y As en el suelo rizósferico de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana?	Determinar la concentración de metales pesados Cd, Pb y As en el suelo rizósferico de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) que se desarrolla en la desmontera minera Rumiallana.	Hi: El suelo de la planta nativa Taya (<i>Baccharis tola</i> Phil.) tiene concentración de metales pesados Cd, Pb y As provenientes de la desmontera minera Rumiallana.	Indicador: Parte aérea: [Cd]>100 mg/kg [Pb]>1000 mg/kg [As]>100 mg/kg FBC>1 <	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Resultados de Análisis de Metales pesados en foliar y suelo

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES	
INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR		
SOLICITANTE :	SUSAN SOLIS CANTA	
PROCEDENCIA :	PASCO/ PASCO/ YANACANCHA - SIMÓN BOLÍVAR/ RUMIALLANA	
MUESTRA :	RAÍZ DE TAYA	
REFERENCIA :	H.R. 71004	
FECHA :	12/12/2019	

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb mg/kg	Cd mg/kg	As mg/kg
5222	R 01	29.08	4.73	7.00
5223	R 02	356.50	8.65	7.03
5224	R 03	768.50	9.05	8.63


Ing. Brulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946 - 505 - 254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : SUSAN SOLIS CANTA
PROCEDENCIA : PASCO/ PASCO/ YANACANCHA - SIMÓN BOLÍVAR/ RUMALLANA
MUESTRA : PARTE AÉREA - TAYA
REFERENCIA : H.R. 71003
FECHA : 12/12/2019

N Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb mg/kg	Cd mg/kg	As mg/kg
6219	P.A-01	29.73	3.98	4.63
6220	P.A-02	50.43	13.43	4.35
6221	P.A-03	43.25	5.43	4.95



Bráulio La Torre Martínez
Ing. Bráulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Tel.: 614-7900 Anexo 222 Teléfono Directo: 340-5622
Celular: 946-505-254
e-mail: labsoflo@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : SUSAN SOLIS CANTA
PROCEDENCIA : PASCO/ PASCO/ YANACANCHA - SIMÓN BOLÍVAR/ RUMIALLANA
REFERENCIA : H.R. 71005
FECHA : 10/12/2019

Lab	Número Muestra	Pb mg/kg	Cd mg/kg	As mg/kg
	Claves			
5464	S 01	406.78	3.49	16.70
5465	S 02	12075.12	47.36	19.31
5466	S 03	3626.43	45.51	16.94

Ing. Bracilio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Ficha de Muestreo

FICHA DE MUESTREO				
Información del Sitio en Estudio				
Datos generales:				
Nombre del sitio en estudio: Desmontera minera Rumiallana				
Departamento: Pasco				
Provincia: Pasco				
Distrito: Yana cancha - Simón Bolívar				
Información del Punto de Muestreo				
Datos del punto de muestreo:				
Nombre del punto de muestreo: Muestreo 01				
Coordenadas: (UTM,WGS84:		Norte:	8820924	
		Este:	361794	
		Zona:	18S	
		Altitud:	4394	
Técnica de muestreo: técnica mediante hoyos (suelo)				
Instrumentos usados: herramientas de acero inoxidable y plástico				
Información de las muestras:				
Datos de las muestras:				
Tipo de muestra:	suelo	raíz	parte aérea	
Código de la muestra:	S01	R01	P-A-01	
Fecha:	30/11/2019	30/11/2019	30/11/2019	
Hora:	10:45	10:55	11:09	
Tipo de recipiente:	Bolsa con cierre hermético (plástico zip-lock)	Bolsa de papel kraft	Bolsa de papel kraft	
Cantidad de muestra	250gr	250gr	250gr	
Comentarios:		Croquis:		
- Altura de la planta > 50cm - Profundidad de la excavación del suelo > 30cm - Se hizo el respectivo corteo del suelo rizosférico para obtener el peso requerido de 250gr.		DESMONTERA MINERA RUMIALLANA		

Fuente: Elaboración propia de la Guía para muestreo de suelos, 2014

FICHA DE MUESTREO				
Información del Sitio en Estudio				
Datos generales:				
Nombre del sitio en estudio: Desmontera minera Rumiallama				
Departamento: Pasco				
Provincia: Pasco				
Distrito: Yancancho - Simón Bolívar				
Información del Punto de Muestreo				
Datos del punto de muestreo:				
Nombre del punto de muestreo: Muestreo 02				
Coordenadas: (UTM,WGS84:		Norte: 8821197.44		
		Este: 361717.97		
		Zona: 18S		
		Altitud: 4358		
Técnica de muestreo: técnica mediante hoyos (suelo)				
Instrumentos usados: herramientas de acero inoxidable y plástico				
Información de las muestras:				
Datos de las muestras:				
Tipo de muestra:	suelo	riz	parte aérea	
Código de la muestra:	502	R02	P-A-02	
Fecha:	30/11/2019	30/11/2019	30/11/2019	
Hora:	12:30	12:38	12:47	
Tipo de recipiente:	Bolsa con cierre hermético (plástico zip-lock)	Bolsa de papel kraft	Bolsa de papel kraft	
Cantidad de muestra	250gr	250gr	250gr	
Comentarios:		Croquis:		
- Altura de la planta > 50 cm - Profundidad de la excavación del suelo > 30 cm - Se hizo el respectivo corteo del suelo rizosferico para obtener el peso requerido de 250 gr.				

Fuente: Elaboración propia de la Guía para muestreo de suelos, 2014

FICHA DE MUESTREO				
Información del Sitio en Estudio				
Datos generales:				
Nombre del sitio en estudio: Desmontera minera Rumisllama				
Departamento: Pasco				
Provincia: Pasco				
Distrito: Yancancho - Simón Bolívar				
Información del Punto de Muestreo				
Datos del punto de muestreo:				
Nombre del punto de muestreo: Muestreo 3				
Coordenadas: (UTM,WGS84:	Norte:	8821206.57		
	Este:	361431.29		
	Zona:	18s		
	Altitud:	4338		
Técnica de muestreo: técnica mediante hoyos (suelo)				
Instrumentos usados: herramientas de acero inoxidable y plástico				
Información de las muestras:				
Datos de las muestras:				
Tipo de muestra:	suelo	roq	parte aérea	
Código de la muestra:	S03	R03	P-A-03	
Fecha:	30/11/2019	30/11/2019	30/11/2019	
Hora:	14:15	14:24	14:38	
Tipo de recipiente:	Bolsa con cierre hermético (plástico zip-lock)	Bolsa de papel kraft	Bolsa de papel kraft	
Cantidad de muestra	250gr	250gr	250gr	
Comentarios:		Croquis:		
- Altura de la planta > 50cm - Profundidad de excavación del suelo > 30cm - Se hizo el respectivo corteo del suelo riguroso para obtener el peso requerido de 250gr		Desmontera minera Rumisllama CARRETERA TINGO PALCA CARRETERA PARAGSHA - SAN JUAN		

Fuente: Elaboración propia de la Guía para muestreo de suelos, 2014

RECIBIDO
02 DIC 2019
LASPAF - UNALM



CADERNA DE CUSTODIA 01

CLIENTE		Razón Social: STEFFANY SUSAN SOLIS CANTA		Atención:	
Dirección:		AA.HH ARTURO ROBLES MORALES #2.B LT10 YANACANCHU - PASCO - PASCO		Referencia/Códi:	
				Tel./E-mail: 929076760 / susan@solis23@gmail.com	

Muestra		Muestreo		Frasco		Seguimiento de Análisis										Observación sobre la Muestra				
Identificación	Matriz	Fecha (d-m-a)	Hora	Tipo y Cantidad*			Producto Declarado	Caudal (l/s)	Turbidez (NTU)	O.D. (mg/l)	C.F. (g/s/cm)	Salinidad (‰)	pH (Unid.)	Temp. (°C)	Cloro (mg/l)	Residuo (mg/l)	T °C de muestra	Refrigerado (SI/NO)	Preserv. (SI/NO)	Procedencia y/o Descripción
				P	V	B	S													
S 01	Su	30/11/19	10:45			X														DESTONTERA RUTIALLANA
R 01	Veg	30/11/19	10:35				X													DESTONTERA RUTIALLANA
P.A 01	Veg	30/11/19	11:09				X													DESTONTERA RUTIALLANA
S 02	Su	30/11/19	12:30			X														DESTONTERA RUTIALLANA
R 02	Veg	30/11/19	12:38				X													DESTONTERA RUTIALLANA
P.A 02	Veg	30/11/19	12:42				X													DESTONTERA RUTIALLANA
Total N° de Frascos: _____ * P = Plásticos, V = Vidrio, B = Bolsa, S = Sobre																				

MATRIZ	Agua Superficial ☐	Agua Subterránea ☐	Agua para Consumo Humano ☐	Efluente Doméstico ☐	Efluente Industrial ☐	Otro: ☐
	Sanco ☐ Sano ☐	Conto ☐	Industria ☐	Aire ☐	Vegtable ☐	Superficie ☐

ANÁLISIS DE LABORATORIO:	
1. Físicoquímicos 2. Met. Totales 3. Met. Disueltos 4. Nutrientes 5. Biológico	6. Indicadores de Contaminación 7. Bioquímicos 8. Parasitológico 9. Microbiológico 10. Calidad de aire 11. Otros
Observación:	
Envase: Recipiente CATA TECNICA DE TECNOPOR Forma: Suspenso Nombre y Apellido: STEFFANY SUSAN SOLIS CANTA DNI: 96737638 MUESTRADOR(A)	
Forma: Suspenso Nombre y Apellido: STEFFANY SUSAN SOLIS CANTA DNI: 96737638 CLIENTE	

LABORATORIO:	Entrega: STEFFANY SOLIS CANTA	Forma: Suspenso
--------------	--------------------------------------	------------------------

99



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
Av. La Molina s/n Campus UNALM
Tel: 634-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5823
e-mail: lab_suelos@lamolina.edu.pe

CADERNA DE CUSTODIA 02

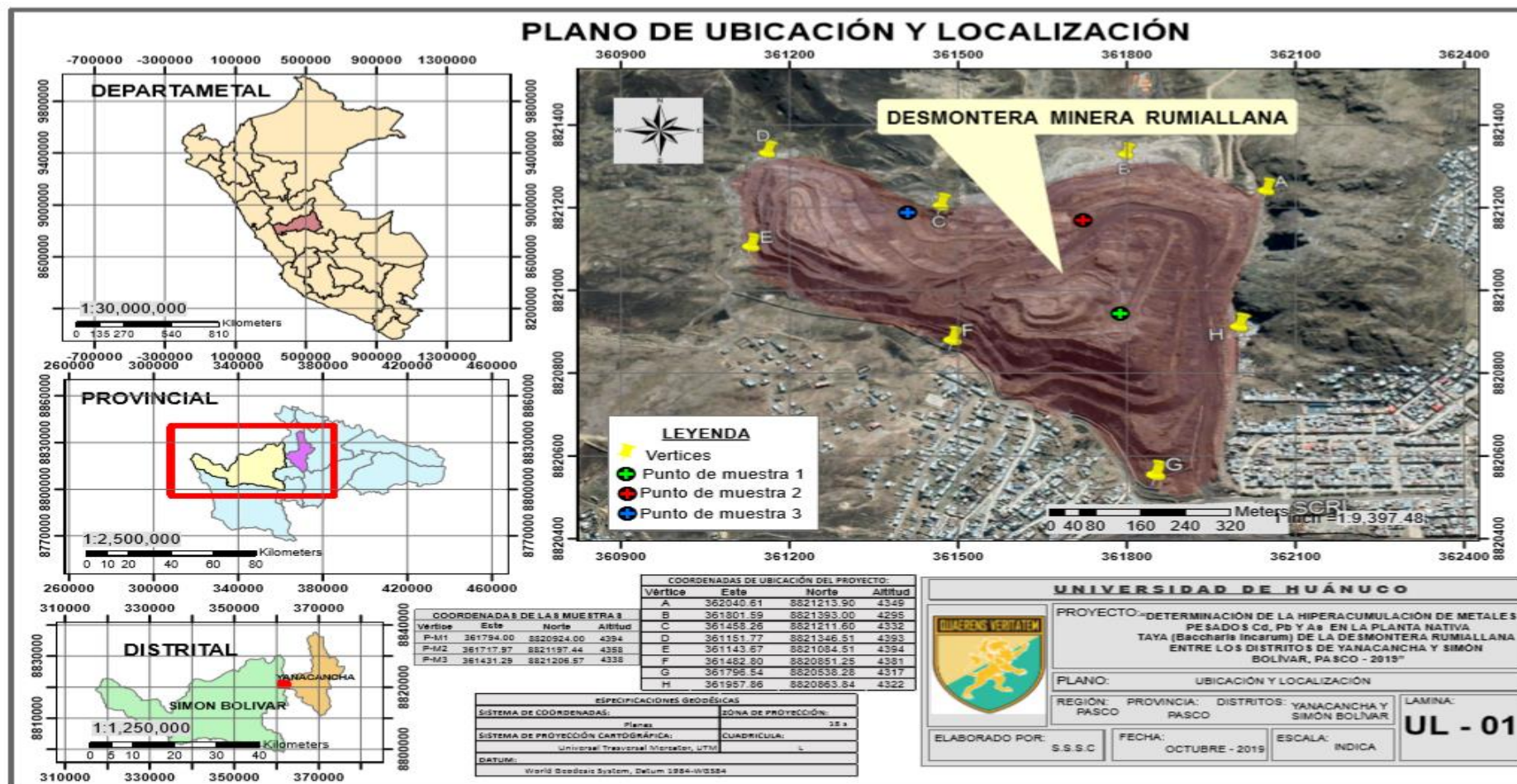
RECIBIDO
02 DIC 2019
LASPAF - UNALM



CUENTE		Razón Social: <u>STEFFANY SUSAN SOLIS CANTA</u>		Atención:			
Dirección:		<u>M.H. ARTURO ROBLES TORALES RTB LT.10</u> <u>YANACANCHI - PASCO - PASCO</u>		Referencia/Catálogo:			
Tel./E-mail:		<u>928076760 / susan.solis23@gmail.com</u>					
Muestra		Muestreo		Fresco			
Identificación		Fecha (dd/mm/aa)		Tipo y Cantidad*			
Matriz		Hora		P V B S			
S 03		30/11/19		19:15		X	
R 03		30/11/19		19:24		X	
RA 03		30/11/19		19:38		X	
Total N° de Frascos							
* P = Plásticos, V = Vidrio, B = Bolsa, S = Sobre							
ANÁLISIS DE LABORATORIO:		ANÁLISIS DE LABORATORIO:		ANÁLISIS DE LABORATORIO:			
1. Fisicoquímicos		2. Met. Totales		3. Met. Disueltos			
4. Nutrientes		5. Biológico		6. Indicadores de Contaminación			
Observación:				7. Bioquímico			
Embalaje:		Recipiente: <u>CATA TERTICA DE TERNOPOR</u>		8. Parasitológico			
Firma:		Firma:		9. Microbiológico			
Nombre y Apellidos:		Nombre y Apellidos:		10. Calidad de aire			
DNI:		DNI:		Otros: <u>METALES PESADOS Pb, Cd y As</u>			
MUESTREADOR(A)		CLIENTE					
LABORATORIO:		Entrega: <u>STEFFANY SOLIS CANTA</u>		Firma: <u>Steffany</u>			

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes - UNALM

Anexo 4: Mapa de Ubicación



Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Imágenes de trabajo desarrollado
Recolección de Muestra – N°01



*Figura 9.*Reconocimiento de la planta que cumple con los criterios.
Fuente: Elaboración propia



*Figura 10.*Preparación de las herramientas, equipos y colocación de los implementos de protección personal.
Fuente: Elaboración propia



*Figura 11.*El trabajo se comenzó limpiando el área y tomando las coordenadas de la muestra con el GPS.
Fuente: Elaboración propia



*Figura 12.*Se midió la altura de la planta para ver si cumple con el criterio (altura mayor a 50cm).
Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Se ve la presencia de la raíz y se empezó con la liberación de la raíz.

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Luego se midió la profundidad del suelo; y posteriormente se realizó el cuarteo.

Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Pesado de la muestra de suelo y sellado de muestra suelo; y llenado de etiquetas.
Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Pesado de la raíz y llenado de la raíz.
Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Etiquetado de la raíz y pesado de la parte aérea.
Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Etiquetado de la parte aérea y llenado de la cadena de custodia.
Fuente: Elaboración propia

Recolección de Muestra – N°02



Figura 19. El trabajo se comenzó limpiando el área y se tomó las coordenadas de la muestra con el GPS.
Fuente: Elaboración propia



Figura 20. Medición de la altura de la planta y luego se empezó con la liberación de la raíz.
Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Luego se midió la profundidad del suelo y posteriormente se realizó el cuarteo del suelo.
Fuente: Elaboración propia



Figura 22. Pesado de la muestra de suelo, llenado y etiquetado; pesado de la raíz y llenado de la raíz.
Fuente: Elaboración propia



Figura 23. Etiquetado de la raíz y pesado de la parte aérea.
Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Etiquetado de la parte aérea y llenado de la cadena de custodia.
Fuente: Elaboración propia

Recolección de Muestra – N°03



Figura 25. Reconocimiento de la planta y luego se tomó las coordenadas de la muestra con el GPS.
Fuente: Elaboración propia



Figura 26. Se midió la altura de la planta posteriormente se empezó con la liberación de la raíz.
Fuente: Elaboración propia



*Figura 27.*Medición de la profundidad del suelo y luego se realizó el cuarteo respectivo.

Fuente: Elaboración propia



*Figura 28.*Llenado, pesado, sellado y etiquetado de la muestra de suelo.

Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Llenado, pesado de la raíz la parte aérea.
Fuente: Elaboración propia



Figura 30. Llenado de la cadena de custodia, luego se procedió al llenado de las muestras en la caja Tecnopor.
Fuente: Elaboración propia



Figura 31. Se realizo el sellado de las muestras.
Fuente: Elaboración propia