



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
FORESTAL**



**“ESPECIES VEGETALES ALTOANDINAS CON POTENCIAL
FITORREMEDIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS
POR METALES PESADOS DEL PASIVO AMBIENTAL
MINERO DE PALCA, PUNO”**

Bach. Narvaez Ttito Yoni

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro

Co - Asesor: Dr. José Domingo Choquehuanca Soto



JULIACA, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Y FORESTAL



**“ESPECIES VEGETALES ALTOANDINAS CON POTENCIAL
FITORREMIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS
POR METALES PESADOS DEL PASIVO AMBIENTAL
MINERO DE PALCA, PUNO”**

Bach. Narvaez Ttito Yoni

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro

Co – Asesor: Dr. José Domingo Choquehuanca Soto

Juliaca, 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Narvaez, Y. (2024). Especies vegetales altoandinas con potencial fitorremedidor para suelos contaminados por metales pesados del pasivo ambiental minero de Palca, Puno (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca

AUTOR: Yoni Narvaez Ttito

TÍTULO: Especies vegetales altoandinas con potencial fitorremedidor para suelos contaminados por metales pesados del pasivo ambiental minero de Palca, Puno.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2024

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (138 pp)

NOTA: Tesis Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal - Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 01-000030-01/N25

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: Dr. Wile Mamani Navarro

CO – ASESOR: Dr. José Domingo Choquehuanca Soto

PALABRAS CLAVE:

Especies vegetales altoandinas, pasivos ambientales mineros, suelos con metales pesados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
FORESTAL**

**“ESPECIES VEGETALES ALTOANDINAS CON POTENCIAL
FITORREMIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS POR METALES
PESADOS DEL PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA, PUNO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

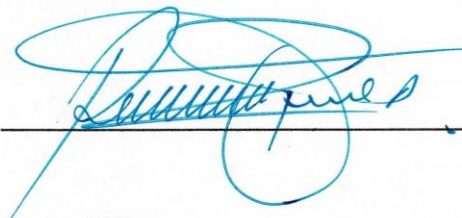
Presentada por:

Narvaez Ttito Yoni

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Alejandro Félix Taquire Arroyo

PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Jael Calla Calla

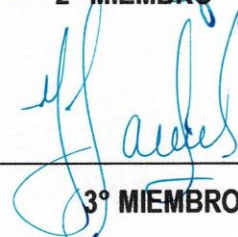
JURADO (Secretario)



2° MIEMBRO

M.Sc Yesica Magnolia Mamani Arpasi

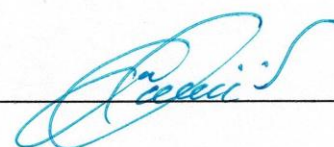
JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO

Dr. Wile Mamani Navarro

ASESOR DE TESIS



Dr. José Domingo Choquehuanca Soto

CO - ASESOR



NOMBRE DEL TRABAJO

Especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador para suelos contaminados por metales pesados

AUTOR

Yoni Narvaez Tito

RECUENTO DE PALABRAS

27017 Words

RECUENTO DE CARACTERES

139338 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

138 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

10.3MB

FECHA DE ENTREGA

May 13, 2024 7:19 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 13, 2024 7:22 AM GMT-5

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón mi tesis a.

Mi querido padre Amador Javier, sin él no lo habría logrado, quien ha creído en mí, siempre dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; formándome con valores.

Mi querida madre Agueda, porque ha impulsado en mí el deseo de superación y éxito en la vida; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre ellos que se incluye este.

Mis hermanos: Fredy Richard, Walter Daga, Rene, Saul, Magdalena, Brayan German y Jhoel Jhonatan, quienes han sido mi principal motivación e inspiración para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellas y mostrarles sendero asombroso de experiencias.

AGRADECIMIENTO

A Dios mío, por haberme acompañado y guiado durante toda mi vida, por ser mi fortaleza en los momentos de dificultad y por proporcionarme una vida llena de vivencias y experiencias.

A mi alma mater Universidad Nacional de Juliaca, quiero expresar mi gratitud por la excelencia de docentes, por haberme brindado sus valiosas enseñanzas y respaldo profesional durante mi formación profesional.

Agradezco a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal; por su valiosa contribución en mi formación profesional de esta prestigiosa profesión.

A los jurados de tesis por sus aportes por su valiosa contribución en la mejora de la presente investigación.

Al asesor Dr. Wile Mamani Navarro, por haberme inculcado en el camino de la investigación, gracias a su tiempo, sus consejos y lecciones, para la elaboración de esta investigación.

Al co-asesor Dr. José Domingo Choquehuanca Soto, quiero expresar mi más sincero agradecimiento, por brindarme su conocimiento en este trabajo de investigación, por su paciencia frente a mis dudas, por su valioso respaldo

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al PRONABEC por su valiosa contribución económica durante mi formación profesional y por infundirnos valores.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	4
1.4.1. Económico:.....	5
1.4.2. Ambiental	5
1.4.3. Social.....	6
1.5. FORMULACIÓN DE HÍPOTESIS	6
1.5.1. Hipótesis General	6
1.5.2. Hipótesis Especificas.....	6
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1. ANTECEDENTES	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	9
2.1.3. Antecedentes regionales	12
2.2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.2.1. Ley general del ambiente	14
2.2.2. Estándares de calidad ambiental para suelos.....	14
2.2.3. Estándares internacionales	16
2.2.4. Suelo contaminado	16
2.2.5. Metales pesados.....	17

2.2.6.	Minería	17
2.2.7.	Etapas de la minería	17
2.2.8.	Pasivos ambientales mineros	18
2.2.9.	Relaves mineros	18
2.2.10.	Fitorremediación	18
2.2.11.	Mecanismos de fitorremediación	19
2.2.12.	Factores de concentración	20
2.2.13.	Especies vegetales altoandinos.....	21
2.2.14.	Método de transección al paso	30
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		31
3.1.	ÁMBITO DE ESTUDIO.....	31
3.1.1.	Tipo de Investigación	31
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	31
3.2.1.	Población	31
3.2.2.	Muestra.....	32
3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	32
3.4.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	32
3.4.1.	Identificación de las especies altoandinas con potencial fitorremediador	32
3.4.2.	Evaluación de concentración metales pesados en la raíz y la parte aérea de las especies altoandinas.....	33
3.4.3.	Determinación de la concentración de metales pesados en el suelo	34
3.4.4.	Diseño estadístico.....	36
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		37
4.1.	IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES VEGETALES ALTOANDINAS CON POTENCIAL FITORREMEDIAADOR	37
4.1.1.	Inventario de las especies vegetales altoandinas	37
4.2.	EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ACUMULACIÓN DE LOS METALES PESADOS EN LA RAÍZ Y TALLO	40
4.2.1.	Concentración de metales pesados en las seis especies vegetales altoandinas	42
4.2.2.	Factor de translocación y factor de bioconcentración	61
4.3.	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN EL SUELO CONTAMINADO.....	63

4.3.1. Concentración de metales en suelos contaminando por pasivo ambiental	
minero.....	65
4.3.2. Correlación de las concentraciones de metales entre las especies vegetales y el	
suelo.....	67
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
5.1. CONCLUSIONES	74
5.2. RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Estándar de Calidad para suelo - Estados Unidos	16
Tabla 2	Método de ensayo aplicado	34
Tabla 3	Método de ensayo aplicado	35
Tabla 4	Familias y especies vegetales altoandinas identificadas en la parcela uno	37
Tabla 5	Familias y especies vegetales altoandinas identificadas en la parcela dos	38
Tabla 6	Familias y especies vegetales altoandinas identificadas en la parcela tres	39
Tabla 7	Especies vegetales altoandinas con capacidad de acumulación de metales en la raíz y la parte aérea	41
Tabla 8	Valor del factor de bioconcentracion - FBC	61
Tabla 9	Valor del factor de translocación – FT	62
Tabla 10	Concentración de metales pesados en el suelo contaminado y suelo no contaminado	64
Tabla 11	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Stipa hans meyeri</i> de la raíz	67
Tabla 12	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Stipa hans meyeri</i> del tallo	68
Tabla 13	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Calamagrostis recta</i> de la raíz	68
Tabla 14	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Calamagrostis recta</i> del tallo	69
Tabla 15	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Calamagrostis ovata</i> de la raíz	69
Tabla 16	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Calamagrostis ovata</i> del tallo	70
Tabla 17	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Festuca rigescens</i> de la raíz	70
Tabla 18	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Festuca rigescens</i> en el tallo	71
Tabla 19	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Calamagrostis rigescens</i> de la raíz	71
Tabla 20	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Calamagrostis rigescens</i> del tallo	72
Tabla 21	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Distichia muscoides</i> en la raíz	72
Tabla 22	Correlación del suelo contaminado y la especie <i>Distichia muscoides</i> en el tallo	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Según los estándares de calidad ambiental para el suelo	15
Figura 2	Gráfico de mecanismos de fitorremediación.	19
Figura 3	El pasivo ambiental minero de Palca-Puno	31
Figura 4	Partición de muestras	35
Figura 5	Concentración de aluminio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	42
Figura 6	Concentración de arsénico (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	43
Figura 7	Concentración de Cadmio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	44
Figura 8	Concentración de cobalto (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	45
Figura 9	Concentración de cromo (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	46
Figura 10	Concentración de cobre (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	47
Figura 11	Concentración de hierro (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	48
Figura 12	Concentración de mercurio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	49
Figura 13	Concentración de magnesio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	50
Figura 14	Concentración de manganeso (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	51
Figura 15	Concentración de molibdeno (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	52
Figura 16	Concentración de níquel (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	53
Figura 17	Concentración de plomo (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	54
Figura 18	Concentración de antimonio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	55
Figura 19	Concentración de selenio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	56
Figura 20	Concentración de estroncio (mg/kg) en las especies vegetal altoandinas	57
Figura 21	Concentración de titanio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	58
Figura 22	Concentración de vanadio (mg/kg) en las especies vegetal altoandinas	59
Figura 23	Concentración de zinc (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas	60

Figura 24	Comparación entre la norma ECA/peruana y ECS/americana en relación a metales pesados de parcela I	65
Figura 25	Comparación entre la norma ECA/peruana y ECS/americana en relación a metales pesados de parcela II	65
Figura 26	Comparación entre la norma ECA/peruana y ECS/americana en relación a metales pesados de parcela III	66
Figura 27	Comparación entre la norma ECA/peruana y ECS/americana en relación a metales pesados de parcela I,II y III	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Identificación del área de estudio	86
Anexo 2	Panel Fotográfico	89
Anexo 3	Ficha de registro de transección al paso	94
Anexo 4	Cadena de custodia	98
Anexo 5	Informe de laboratorio	101
Anexo 6	Operacionalización de variables	119
Anexo 7	Matriz de consistencia	121
Anexo 8	Juicio de expertos	123

RESUMEN

En la investigación se determinó las especies vegetales con mayor potencial fitorremedidor que proceden del pasivo ambiental minero de Palca, situado en el distrito de Palca, provincia de Lampa, donde se identificó 23 especies vegetales altoandinas en las tres parcelas establecidas a través del método transección al paso, donde se realizaron los análisis de la concentración de metales pesados en las especies vegetales, así como también en el suelo por el método ICP/OES. Asimismo, se calculó el factor de bioconcentración y traslocación, lo cual permitió determinar qué especies vegetales se encuentran sujetas a la fitoestabilización o la fitoextractora. Finalmente, se identificó que la especie vegetal *Calamagrostis rigescens*, acumula elevadas cantidades de metales pesados en (mg/kg), como el hierro (120), aluminio (90.3), zinc (8.0), plomo (2.0) y molibdeno (0.3). De igual modo, la especie *Disticha muscoides* tiene la capacidad para acumular los metales de magnesio (100), estroncio (1.7) y cobre (1.7), de la misma forma la especie *Festuca rigescens* acumuló los metales como cromo (0.9), arsénico (0.3) y níquel (0.2), además, la especie *Stipa hans meyeri*, captó los metales como cadmio (0.5) y aluminio (53.7). También, mediante el factor de translocación y bioacumulación, estableció que la especies *Stipa hans meyeri* y *Calamagrostis recta*. son especies fitoestabilizadoras de Se, Ag, Al, Co, Mo, V. Por otro lado, para las especies *Festuca rigescens* y *Calamagrostis rigescens*, tienen capacidad de fitoestabilización para el Ti y Cd. Concluyendo, que las especies vegetales altoandinas evaluadas tienen mayor potencial fitorremedidor para suelos contaminados por pasivos ambiental mineros por tener las características climáticas asimilares zonas altoandinas.

Palabras clave: *Especies vegetales altoandinas, pasivos ambientales mineros, suelos con metales pesados*

ABSTRACT

In the research, the plant species with the greatest phytoremediation potential that come from the Palca mining environmental liability, located in the district of Palca, province of Lampa, were determined, where 23 high Andean plant species were identified in the three plots established through the al transection method. step, where the analyzes of the concentration of heavy metals in the plant species, as well as in the soil, were carried out by the ICP/OES method. Likewise, the bioconcentration and translocation factor was calculated, which made it possible to determine which plant species are subject to phytostabilization or phytoextraction. Finally, it was identified that the plant species *Calamagrostis rigescens* accumulates high amounts of heavy metals in (mg/kg), such as iron (120), aluminum (90.3), zinc (8.0), lead (2.0) and molybdenum (0.3). Similarly, the species *Disticha muscoides* has the capacity to accumulate the metals magnesium (100), strontium (1.7) and copper (1.7), in the same way the species *Festuca rigescens* accumulated metals such as chromium (0.9), arsenic (0.3) and nickel (0.2), in addition, the species *Stipa hans meyeri* captured metals such as cadmium (0.5) and aluminum (53.7). Also, through the translocation and bioaccumulation factor, it was established that the species *Stipa hans meyeri* and *Calamagrostis recta*. They are phytostabilizing species of Se, Ag, Al, Co, Mo, V. On the other hand, for the species *Festuca rigescens* and *Calamagrostis rigescens*, have phytostabilization capacity for Ti and Cd. Concluding, that the high Andean plant species evaluated have greater phytoremediation potential for soils contaminated by mining environmental liabilities because they have the climatic characteristics similar to high Andean zones.

Keywords: High Andean plant species, mining environmental liabilities, soils with heavy metals

INTRODUCCIÓN

La explotación minera abandonada genera una gran preocupación a nivel global por las grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos que son vertidos al suelo (Kaźmierczak et al. 2019). Son ocasionados por la gestión inadecuada de residuos durante la actividad minera y la falta de regulaciones sobre el cierre de minas han llevado a la acumulación de minas abandonadas (Candeias et al. 2019). Han generado un disturbio antropogénico que afecta al agua, aire, suelos los recursos naturales la flora y fauna por la contaminación de drenaje ácido de mina. (Cesar & Jhony., 2020).

El Perú, se beneficia enormemente de la minería el cual desempeña un papel fundamental en el crecimiento económico, durante la última década represento casi el 10 % del PBI nacional, y alrededor del 61% de valor total de las exportaciones (BCR. del Perú, 2023). Perú a nivel mundial ocupa el segundo lugar en la producción de cobre, plata y zinc en la producción de plomo, ocupa el tercer lugar, y el cuarto en producción de estaño y molibdeno y el octavo en producción de oro, y el primer productor de oro, zinc, plomo y estaño, en América (Anuario minero, 2020). Esta actividad tiene externalidades negativas, debido a las viejas prácticas mineras como también a la inexistencia de normas precisas que regulen el cierre de minas, han llevado a la acumulación desmedida de pasivos ambientales mineros (Chávez, 2014),

En el Perú, se identificaron aproximadamente 8 448, pasivos ambientales mineros que están ubicadas en diferentes regiones como; Ancash, Apurímac, Cajamarca, Huancavelica, Junín, Puno y Pasco (MEM, 2019). Por lo que, es el principal motivo de surgimiento de los conflictos socioambientales, de nuestro País (Escobar *et al*, 2014). El alto grado de informalidad con que operó las minas en el siglo pasado, han provocado que la región de Puno registre 1 054, pasivos ambientales mineros (MEM. 2018). Por consiguiente, el principal problema del pasivo ambiental minero de Palca, es originado por la inadecuada gestión de los relaves que provocan contaminación al suelo, a las aguas superficiales y subterráneas por metales pesados (Zamora *et al.*, 2020). Es por esto que se requiere urgente la búsqueda de alternativas de remediación del suelo contaminado para evitar cualquier riesgo peligroso para los ecosistemas (Akhtar & M., 2020). La fitorremediación es opción para la remediación *in situ* para suelos afectados por metales pesados, eliminando los contaminantes del entorno o generándolos inocuos. (Jara *et al.*, 2017; Chaudhry *et al.*, 2020).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema de investigación

A nivel mundial, la minería existe desde la antigüedad y ha sido esencial para el desarrollo industrial y económico (Paredes et al., 2016), por lo que, existen más de un millón de minas abandonadas o inactivas que aún no han sido caracterizadas, y se encuentran sin rehabilitación ambiental (Ashraf et al., 2019), y tienen más de 100 años que cesaron sus operaciones y se encuentran en estado de abandono, generando contaminación principalmente al suelo, agua y aire (Adiansyah et al., 2015), los suelos poseen altas concentraciones de metales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) (Fernández et al., 2020); la presencia de estos elementos en el medio ambiente causa impactos severos en la salud, a través de la cadena alimentaria de animales, plantas y humanos (Ali et al., 2013; Kumar et al., 2019).

En el año 2023, el Perú se beneficia enormemente de la minería la cual desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico, reportando aproximadamente el 8.7% del producto bruto interno (PBI), durante las últimas décadas contribuyó con el 60% de las exportaciones mineras (BCR - Perú. 2023), Asimismo, a nivel mundial ocupa el segundo lugar en la producción de cobre, plata y zinc en la producción de plomo, ocupa el tercer lugar, y el cuarto en producción de estaño y molibdeno y el octavo en producción de oro, y el primer productor de oro, zinc, plomo y estaño, en América (Anuario minero, 2020). Estas actividades provocan daños a la naturaleza, ya que han realizado operaciones sin cuidado ambiental; al producir una gran cantidad y diversidad de residuos mineros de los cuales genera contaminación, generados por los numerosos pasivos ambientales mineros del País (Lam et al, 2017).Y se identificaron aproximadamente 8448 pasivos ambientales mineros ubicadas en las regiones Ancash, Apurímac, Cajamarca, Huancavelica, Junín, Puno y Pasco (MEM., 2019), la inadecuada disposición de residuos y la inexistencia de normativa que regule el cierre de minas ha generado aumento desmedido de pasivos ambientales mineros, (Chávez., 2015).

La contaminación por metales pesados persistente en el ambiente y al no ser biodegradables causan graves daños al bioacumularse en la flora y la fauna (Stefanowicz et al., 2020), provocando daños ambientales a los agricultores locales, generando conflictos sociales y oposición a la actividad minera (Makhmudova & Matsui. 2019).

El problema principal del pasivo ambiental minero del distrito de Palca, provincia de Lampa de la región Puno, es la contaminación del suelo por metales pesados originados por la mala disposición de residuos mineros (Cuentas et al, 2019), el drenaje ácido de mina es a consecuencia de las lluvias y estas causan contaminación al suelo y a las aguas superficiales subterráneas, afectando a la salud humana y al ambiente, de los seres vivos y a la agricultura (Santos. et al., 2017). Es urgente buscar alternativas de solución sostenibles para remediar los suelos contaminados por los metales pesados de los pasivos ambientales mineros, una de las más aceptadas es la fitorremediación en especies vegetales, su alta capacidad de translocación, absorción y bioacumulación de metales pesados en sus órganos vegetales in situ o eliminando en compuestos más simples poco o nada contaminantes en el ambiente o haciéndolos inocuos (Land et al, 2020;Jara et al, 2017).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son las especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador para suelos contaminados por metales pesados del pasivo ambiental minero de Palca, Puno?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador que se desarrollan en el suelo contaminado por pasivo ambiental minero de Palca?
- ¿Cuál es la concentración metales pesados en la raíz y la parte aérea de las especies vegetales altoandinas?
- ¿Cuál es la concentración de los metales pesados en el suelo contaminado por pasivo ambiental minero de Palca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar las especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador para suelos contaminados por metales pesados, del pasivo ambiental minero de Palca, Puno.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador que se desarrollan en el suelo contaminado por pasivo ambiental minero de Palca.
- Evaluar la concentración metales pesados en la raíz y la parte aérea de las especies vegetales altoandinas.
- Determinar la concentración de los metales pesados en el suelo contaminado por pasivo ambiental minero de Palca.

1.4. Justificación

En este trabajo de investigación se enfoca en la importancia del suelo y la actividad minera que ha causado problemas ambientales como la disminución de los servicios eco sistémicos agua, belleza paisajística en consecuencia, disminución del bienestar de la población (Chávez., 2014), a consecuencia de la mala gestión de desechos mineros, y también la ausencia de una legislación ambiental que regule el cierre de las faenas mineras en el transcurso ha dejado números pasivos ambientales mineros que a través del drenaje ácido de mina, botaderos de lixiviación, provocan contaminación al suelo, agua y el aire, (Cuentas *et al.*, 2019; Chávez., 2014).

Por otro lado, los suelos contaminados por metales que provienen de los pasivos ambientales mineros de Palca. Esto causa problemas que afectan el desarrollo económico de las personas que viven en las zonas altoandinas de Puno, las actividades económicas, agricultura y ganadería son afectados, debido al deterioro de la capacidad productiva del suelo, ya que representan único sustento económico (Santos. *et al.*, 2017).

Por lo tanto, es urgente remediar la contaminación del suelo por metales pesados, ya que estos pueden ser absorbidos por los seres vivos e incorporarse en la cadena trófica, también pueden pasar al aire por volatilización y moverse en las aguas superficiales y subterráneas, (Zamora. *et al.*, 2020). Es necesario implementar soluciones sostenibles para mitigar impactos generados por los metales pesados. La biorremediación es una de las alternativas más aceptadas, ya que, en otros trabajos de investigación a nivel mundial, se ha demostrado que minimiza la contaminación por metales pesados ocasionada por la actividad minera (Romero y Bravo, 2021).

1.4.1. Económico:

La biorremediación es una alternativa verde amigable con el medio ambiente y ventajosa en comparación con otros métodos convencionales aplicados en la industria minera con el fin de restaurar el impacto generado en suelos contaminados por metales pesados, y por su alta capacidad de translocación, absorción y bioacumulación de metales pesados en sus órganos vegetales *in situ* o eliminando en compuestos más simples poco o nada contaminantes en el ambiente o haciéndolos inocuos (Land *et al.*, 2020; Jara *et al.*, 2017).

1.4.2. Ambiental

La tecnología de la fitorremediación permite a las plantas absorber, acumular, metabolizar y volatilizar o estabilizar la contaminación que se encuentra en el suelo. La acción primordial consiste en la eliminación de metales tóxicos y contaminantes orgánicos del suelo, aire, agua y sedimentos, los cuales tienen un impacto negativo en los seres vivos (Adiloğlu *et al.*, 2017).

Es muy beneficioso la información que se proporcionó de la calidad de las especies vegetales altoandinas a los agricultores y ganaderos, debido a que la vegetación se emplea como alimento para el ganado vacuno, a fin de prevenir la contaminación de los seres vivos que habitan en dicho lugar. La vegetación puede servir de alimento para el ganado siempre y cuando la acumulación de metales pesados se encuentre en la raíz de la planta, para evitar muertes a causa de su ingesta de contaminantes o sustancias tóxicas para los seres vivos (Dávila & Villegas, 2017).

En consecuencia, el estudio posibilitó la mejora de la calidad de vida de toda la población, lo cual permitió que las personas permanezcan en un entorno agradable y saludable.

1.4.3. Social

Durante las últimas décadas, se originaron varios conflictos socioambientales y oposiciones a los proyectos mineros, esto se debe a la irresponsabilidad y el incumplimiento a los compromisos ambientales por el titular de la concesión minera; como también la inadecuada gestión de residuos mineros (Aron & Molina, 2020).

Por otro lado, las especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador contribuyen a la remediación de los suelos de uso agrícola, libres de contaminantes, lo cual posibilita una buena producción de productos agropecuarios. Por lo tanto, esta investigación ayudó a reducir la expansión de la contaminación generada por los pasivos ambientales mineros ya que se obtuvo información verídica con el fin de elaborar otras investigaciones futuras.

1.5. Formulación de Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Las especies vegetales altoandinas evaluadas poseen potencial fitorremediador en el suelo contaminado por metales pesados del pasivo ambiental minero de Palca, Puno.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Las especies vegetales altoandinas identificadas tienen potencial fitorremediador para el suelo contaminado por pasivo ambiental minero.
- Las especies vegetales altoandinas mostraron una alta concentración de metales pesados en la raíz y la parte aérea en función del factor de bioconcentración y factor de translocación, lo cual tienen potencial para su uso en fitoextracción y fitoestabilización
- El suelo contaminado por pasivo ambiental minero, mostró alta concentración de metales pesados.

CAPITULO II.

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Hernández *et al*, (2023), identificó a las especies tales como la *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, mostro una mejora en su bioacumulación en plomo (Pb), cadmio (Cd) y cromo (Cr). Se encontró una mayor cantidad de Pb (34.63 mg/kg), Cd (0.24 mg/kg) y Cr (32.32 mg/kg) en las raíces del *Trichoderma harzianum*, con un factor de translocación para plomo, cadmio y cromo en los frutos y sus hojas a un tratamiento *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma. viride* a (2.34×10^6 UFC/ml) y una reducción de la concentración en un 20.2 %. Asimismo, se constató una disminución en la concentración del cromo a 5.58 mg/kg, así como una disparidad significativa en la concentración de metales en la hoja y cascará.

Ghafouri *et al*, (2021), determinaron el factor de translocación de las especies vegetales *Tamarix sp*, *Haloxylon. spp* y *Malcolmia* y además su factor de bioconcentracion. El resultado reportado para el metal estroncio (Sr) en las especies es, *Tamarix spp* 28.37 mg/kg, *Haloxylon spp* 35.5 mg/kg, *Malcolmia* 12.96 mg/kg, *Tamarix spp* 20.28 mg/kg, *Haloxylon spp* 9.85 mg/kg y *Malcolmia* 31.7 mg/kg, asimismo, para el metal titanio (Ti) la especie que más acumulo es la *Malcolmia africana* siendo el mejor acumulador de metal como el estroncio con el factor de bioconcentracion y translocación es superior al uno. La especie *Tamarix. spp* acumula metal de estroncio, torio, titanio y uranio en su raíces y brote.

Bislimi *et al*, (2020), evaluaron el factor translocación y bioacumulación de metales pesados, metal plomo (Pb), níquel (Ni), Cadmio (Cd), cobre (Cu) y hierro (Fe), la especie vegetal *Urtica dionica L* translocó grandes cantidades de metales a sus órganos, especialmente en las hojas, por lo que los factores de translocación fueron mucho más altos que uno, la concentración de metales en suelo fue; hierro (Fe), 6009.81 mg/kg, plomo (Pb), 3106.49 mg/kg, níquel (Ni), 277.07 mg/kg, cobre (Cu), 13.56 mg/kg, y cadmio (Cd) 3.49 mg/kg.

Alfonso *et al*, (2020), determinaron el factor de translocación (TF) y factor de bioconcentración (BCF), en siete especies vegetales *B. trimera*, *B. dracunculifolia*, *R. cristata*, *V. bonariensis*, *C. dactylon*, *S. viarum* y *Juncus sp.* *Baccharis. trimera*. Mostró menor concentración, cromo (Cr), 5.8 mg/kg y cobre (Cu), 4.4 mg/kg; asimismo, destacó con mayor factor de translocación (TF mayor a 1), y tienen potencial de fitoextracción en el metal de plomo (Pb) las cuatro especies vegetales como; *Juncus sp.* con factor de bioconcentración (BCF), de 0.4, *V. bonariensis*, además su factor de bioconcentración es de 0.8, *C. dactylon* con de 0.9 la *S. viarum*, mostraron mayor potencial en fitoestabilización de cobre (Cu).

Mohanty & Kumar, (2020), determinaron el factor de bioconcentración (BCF) índice de transporte (Ti), factor de translocación (TF), índice de extracción de metales (MER), las malezas nativas que se desarrollan de manera natural en minas inactivas, como *Diectomis fastigiata* (8.25), *Vernonia cinerea* (7.6) con valores de Ti 56 y 657, *Croton sparsiflorus* mostró la máxima abundancia (6.7), *Tephrosia purpurea* (5.8) con valores de Ti 95.2 y 87.8 mientras que *Kyllinga monocephala* reportaron abundancia máxima (6.1), *Fern sp.* (5.9) las concentraciones más altas de Cr fueron registrados en raíces de *Diectomis fastigiata* 2.371 mg/kg de materia seca y brotes; *Vernonia cinerea* 5.500 mg/kg de MS indicando su potencial de fitorremediación.

Midhat *et al*, (2019), se identificaron a las especies vegetales como la *Hirschfeldia incana* L. Lagr. Foss, *Citrullus vulgaris*, *Schradi*, *Portulaca oleracea*, *Stipa capensis* Thunb, *Lactuca viminea*, *J. Presi* & *C. Presi*, *Forsskaolea, tenacissima* L., *Stipa sp.* poseen una elevada capacidad para acumular metales como el cobre, zinc, plomo y cadmio en sus brotes y raíces, son candidatas adecuadas para la fitoestabilización

Fernández *et al*, (2017), identificó y evaluó en las especies *Coincya monensis*, y *Agrostis durieui* toleró altas concentraciones de plomo (Pb) en los tejidos y esta especie fue dominante en los montones de desechos de plomo (Pb) y zinc (Zn), *Holcus lanatus* y *Festuca rubra*. Excluyeron el metal pesado de mercurio (Hg) y arsénico (As) de manera más eficiente que *Dactylis glomerata*. Existen diversas especies de leguminosas, tales como *Citysus striatus*, *C. Scoparius*, *Genista legionensis* y *Lotus corniculatus*, tienen el potencial para la fitoestabilización o extracción de suelos afectados por los metales pesados como Pb, Zn, As y Hg, fue una fuente de exclusión eficiente.

Marrugo *et al*, (2016), evaluaron el factor de translocación “TF” en las raíces y los brotes, las concentraciones de mercurio (Hg), total en el suelo es de (2.30 y 6.32 mg/kg) la variación es de (0.33 a 1.73 mg/kg) con valores muy altos en el suelo; asimismo, tiene una baja concentración de mercurio (Hg), en las hojas de la planta lo que indica que el factor de translocación es mínimo. Por otro lado, el ingreso del mercurio (Hg) a las hojas viene de la atmósfera y su factor de bioconcentración es de (BCF) 0.28 y 0.99 con las siguientes especies como *S. bifidus*, *J. curcas*, *P. marginatum*, y *C. annuum*, entre otras. Además de estos, y *J. curcas* showed, mostraron alto valor acerca del factor de bioconcentración en la raíz. Baja producción por biomasa, son subarbustos excelentes candidatos para la fitorremediación.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Otoya M, (2023), demostró que el factor de bioacumulación para la especie *Disticha muscoides* trasplantados como acumuladores para los metales como; arsénico (As), manganeso (Mn), cromo (Cr), zinc (Zn), y hierro (Fe). Por otro lado, la especie vegetal, *Disticha muscoides* no trasplantado acumuló metales como el aluminio (Al), manganeso (Mn) y cobre (Cu). El factor de translocación para la especie; *Disticha muscoides* fue categorizada como fitoextractora para cromo (Cr), hierro (Fe), aluminio (Al), manganeso (Mn) y arsénico (As). Además, estas especies vegetal tiene potencial fitoestabilizador para los metales pesados como el plomo (Pb) y cobre (Cu) en contraste, con el potencial de los cojines no trasplantados para el uso en fitoextracción para los metales de cobre (Cu), manganeso (Mn), y aluminio (Al), también posee potencial de fitoestabilización para cromo (Cr), hierro (Fe), arsénico (As), zinc (Zn) y plomo (Pb).

Medina S, (2022), e evaluó cómo *Solanum peruvianum L.* funciona como fitoestabilizador en suelos contaminados con Cadmio (Cd). Se utilizaron ocho individuos germinados de esta especie en dos grupos de tratamientos de suelo, De igual manera, se procedió a extraer el compost de una zona cercana a un embalse de relaves y de la zona de crecimiento natural de la especie en estudio, a los cuales se incorporaron compost en diversas proporciones (T1: 40%, 60%; T2: 40%, 40%), durante un período de tres meses, posteriormente seccionados en biomasa aérea y radicular.

El Cadmio (Cd) fue un indicador debido a que su factor bioconcentración fue superior a uno y su factor de translocación se mantuvo menor en comparación con las concentraciones acumuladas.

Cruzado *et al*, (2021), determinaron la bioacumulación de metales para las siguientes; especies vegetales como; *Pernettya prostrata* y *Gaultheria glomerata* que fue adecuado para la acumulación del metal de zinc (Zn), y las especies *Gaultheria glomerata* y *Festuca sp.* para cadmio (Cd), que son candidatas para remediar suelos contaminados, mientras para las especies; *Calceolaria tetragona*, *Nicotiana thyrsoiflora*, *Pernettya prostrata*, *Achyrocline alata*, *Ageratina fastigiata*, *Baccharis alnifolia*, *Hypericum laricifolium*, *Arenaria digyna*, así como *Brachyotum radula*. Fueron adecuadas para la fitorremediación para tales metales pesados como el plomo (Pb), cobre (Cu), arsénico (As), plata (Ag), cadmio (Cd) y zinc (Zn).

Martínez *et al*, (2021), identificaron las especies vegetales nativas con potencial para la fitorremediación de suelos contaminados por residuos de la actividad minera; las cuales fueron *Cortaderia jubata*, *Baccharis sp.*, *Stipa ichu* y *Juncus sp.*, junto a la especie *Eragrostis nigricans*, esto indica que todas las especies nativas, toleran los efectos adversos de la contaminación, ofrecen mayor aptitud para recuperar los suelos contaminados con arsénico (As), bario (Ba), mercurio (Hg), cadmio (Cd), plomo (Pb), la concentración de metales en suelo, fueron, aluminio (Al) con 27.885 mg/kg, hierro (Fe), con 22.550 mg/kg, plomo (Pb), con 628.57 mg/kg, arsénico (As), con 307.14 mg/kg, mercurio (Hg), con 42.86 mg/kg, y níquel (Ni) con 14.29 mg/kg.

Romero & Bravo, (2021), evaluaron y recolectaron muestras de especies vegetales con potencial fitorremediador en los suelos del pasivo minero de Hualgayoc, las especies fueron; *Stipa Ichu* en su raíz que acumuló metales (mg/kg) de acuerdo al hierro (50.8), plomo (1.1) asimismo, la parte aérea acumuló plomo (0.42), y hierro (25.7). Por otro lado, la especie *Cortaderia nítida* acumuló en su raíz hierro (49.6) y plomo (1.7) mientras que el tallo acumuló hierro (29.5) y plomo (0.52). En consecuencia, la vegetación *Cortaderia nítida* es la más eficaz para reparar áreas afectadas por zinc (116.84), cadmio (11.39) y cromo. Este resultado evidencia que tiene un valor y factor de translocación para el metal de cobre (Cu), con 1.77, hierro (Fe), con 1.58, plomo (Pb), con 2.62, zinc (Zn), con 1.77 y cadmio (Cd) con 1.25, tiene clasificación fitoextractivas.

(García & Vásquez, 2020), identificaron las especies vegetales; *Juncus articus*, *willd*, *Polylepis racemosa*, *Paspalum bomplandianum* y *Cortaderia ruidiuscula* con potencial en remediación de pasivos ambientales mineros la especie vegetal como la *Lachemilla orbiculata* acumulo aluminio 2 844.6 mg/kg y magnesio, 1 912.5 mg/kg; asimismo la especie *Bidens triplinervia* experimentó un incremento en la concentración de plomo (Pb) y zinc (Zn) es de 5 842 mg/kg y 11 514 mg/kg, *Lupinus ballanus* experimentó una elevada concentración de cadmio (Cd), es de 287.3 mg/kg, *Juncus articus willd* obtuvo más manganeso (Mn), 1 743 mg/kg, *Polylepis racemosa* obtuvo una mayor concentración de cobre (Cu), mientras que *Cortaderia ruidiuscula* acumulo arsénico (As), 2 858 mg/kg, y se clasificó como fitoextractivas y estabilizadoras.

Bazán & Rojas, (2018), determinaron la capacidad de remoción de metales como; plomo (Pb), (As) y (Cd), las concentraciones iniciales que el relave presentaba fueron de 142 mg/kg de plomo (Pb), 433.08 mg/kg de (As) y 11.42 mg/kg y de y (Cd); con la especie *Urtica dioica*, esta removió 32.2% de plomo (Pb), 33.7% de arsénico (As) y 70.8% y de cadmio (Cd), así como para los tratamientos con la especie *Juncus arcticus*, los resultados fueron 26.3%, 27.5% y 67.9% de remoción de plomo (Pb), arsénico (As), y cadmio (Cd). Asimismo, la especies *Urtica dioica* y *Juncus Articus* removió (13.3 a 16.4 %), para el metal como; arsénico (As), plomo (Pb), y cadmio (Cd).

Dávila & Villegas, (2017) evaluó la capacidad de fitorremediación originarias de la zona de pasivos mineros de Sinchao donde se evaluaron la acumulación de metales pesados en la especie *Paspalum bonplandianum*; aluminio (Al), con 2844.6 mg/kg, mercurio (Hg), con 0.3 mg/kg, antimonio (Sb), con 13 mg/kg, estaño (Sn), con 1.4 mg/kg, zinc (Zn), con 760.2 mg/kg, cromo (Cr) con 3.86 mg/kg y níquel (Ni) con 3.59 mg/kg. En cambio, la concentración de metales se incrementa en la raíz de la especie, como *Calamagrostis tarmensis*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y *Juncus conglomeratus*. A excepción de las especies como *Lachemilla orbiculata*, *Juncus conglomeratus*, se encuentra acumulada en el tallo. A través del análisis del factor de translocación y bioconcentración, las especies *Calamagrostis tarmensis*, *Carex pichinchensis*, *Juncus conglomeratus* serían especies fitoextractora

Jara *et al*, (2017), determinaron la acumulación metales pesados en la especie *Calamagrostis rigida* y en *Myriophyllum quitense*, las raíces que, en la biomasa aérea, por consiguiente, estas especies serían consideradas como fitoestabilizadoras de metales, la mayor acumulación es de cadmio (Cd), 7.93 mg/kg materia seca, obtenida en las raíces *Calamagrostis. rígida* acumulación metales como cobre es de 96.43 mg/kg, zinc es de 597.40 mg/kg y plomo que es de 160.15 mg/kg. Sin embargo, la especie *Myriophyllum quitense*, en sus tejidos vegetales obtuvo valores mínimos de acumulación para metales como; zinc, plomo, cadmio, cobre.

2.1.3. Antecedentes regionales

Arce, (2023), estudiaron en los suelos contaminados por mercurio en Ananea, se obtuvo la eficacia fitorremediadora de *Stipa ichu* y la *Festuca dolichophylla*. También el FB, para la *Festuca dolichophylla* que fue de 0.38 en las hojas. El *Stipa Ichu* presenta FB que es de 0,22 para 2 kilogramos de tiosulfato de amonio por un kilogramo de suelo, mientras que 0.17 para 2 kilogramo de ioduro de potasio por kilogramo de suelo. Esto significa que ni la *Festuca dolichopylla* ni el *Stipa Ichu* son plantas super acumuladoras. La concentración de mercurio en el suelo se disminuyó en comparación con el suelo anterior en 43.67 mg/kg, lo cual tuvo una efectividad de hasta 82% para la *F. dolichopylla* y 73% para la *S. ichu*.

Calla Y, (2021). Los estudios se realizaron en San Gabán, Puno, se evaluó la cantidad de cadmio en los suelos y órganos vegetales de *Theobroma cacao L.* a través de un muestreo no probabilístico, que incluyó cinco muestras compuestas de suelo y tres órganos raíces, hojas y almendras de diez árboles en cada área. Se analizaron los factores de bioconcentración (FB) y translocación (FT) en suelos. Los hallazgos mostraron que la actividad de hojas fue superior a almendras raíces, con promedios de 0.6918, 0.325 y 0.2402 mg/kg en órganos vegetales. Los niveles biológicos como FBC (raíces), FBC (almendras), FT son de 5.41, 7.29 y 0.58.

Arpasí, (2019), evaluó la concentración de metales en el *Baccharis sp*, colectada del proyecto minero Estela, Ananea, de la región Puno. La composición de *Baccharis sp* se realizó mediante la acumulación de metales, como As, con valores de 48.60 y 52,00 mg/kg, Zn con 36.47 y 42.23 mg/kg, Cu con 17.07 y 35.60 mg/kg, Co con valores de 56.05 y 26.16%, Cr con 8.93 y 20.44 mg/kg, Ni con 5.56 y 11.81 mg/kg, Pb con 3.92 mg/kg y Cd con 3.47 y 4.71 mg/kg, en sus raíces y hojas como también para Sb con 0,83 mg/kg, *Baccharis sp*, tiene capacidad para acumular metales pesados hacia sus tejidos.

Suaña, (2018), evaluó la bioacumulación de cadmio en las plantas de girasol y suelos provenientes del centro poblado de la mina Rinconada, Puno la hoja presentó 0.21 mg/kg en la raíz 0.88 mg/kg y tallo 0.29 mg/kg; mientras que en el interior del invernadero las hojas tuvieron 0.29 mg/kg, raíz con 1.80 mg/kg y tallo 0.27 mg/kg, las raíces del girasol tuvo un promedio de absorción de cadmio (Cd), con 5.716 %, tallo con 1.217 % y hojas 0.529 % de absorción; siendo mayor a nivel de la raíz.

Llatance et al. (2018), investigaron la bioacumulación de cadmio (Cd) en la especie vegetal *Theobroma cacao L.* en Pakun - Perú, para lo cual recolectaron muestras de suelo, hoja, tallo, raíz y granos de cacao en terreno inundable (SI), semi inundable (SSI) y no inundable (SSC) La concentración promedio de Cd total en el suelo, raíces, tallo, hojas y frutos es de 0.054, 1.684, 0.747, 0.509 y 0.411 mg/kg. De igual modo, se determinó que el contenido de Cd en el suelo aumento en la muestra que procedió de un terreno semi- inundable (0.111 mg/kg), seguida de un terreno inundable (0.043 mg/kg), y no inundable menor a 0.008 mg/kg.

Ortiz *et al*, (2015), evaluó a las plantas acumuladoras de metales en 4 pasivos ambientales mineros de la región Puno; relave juncal San Antonio de esquilache, relave lunar de oro Ananea, en la planta concentradora Tiquillaca, y la planta concentradora de Crucero, logrando identificar 13 especies pseudometalofitas como la *Muhlenbergia angustata* con 11.44 mg/kg, de manganeso, *Alopecurus bracteatus* con 16.8 mg/kg, de titanio, 34.5 mg/kg, de plomo, con 107.3 mg/kg, de estroncio, con 18.7 mg/kg de telurio, y 21.3 mg/kg, zinc. Por otro lado, *Senecio graveolens* con 41.0 mg/kg de radón (Rh). También revela que existe una variación según genética y presión ambiental.

Argota *et al*, (2014), determinaron, los coeficientes biológicos de fitorremediación en los relaves mineros de Ananea, Puno en la especie *Alopecurus magellanicus bracteatus* y *Muhenbergia angustata*, la cuantificación los metales como plomo (Pb) y cadmio (Cd), en raíces, ayuda a afirmar que se encuentra en forma biodisponible, los valores de los metales que acumularon en las raíces fueron plomo (Pb), con 621 mg/kg, y cadmio (Cd), con 1.21 mg/kg. Mientras que la especie acumulo en su parte aérea metales como; el cadmio (Cd), con 1.05 mg/kg y el plomo (Pb) con 1.98 mg/kg.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Contaminación

la contaminación está relacionada con un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, la tierra o el agua, que puede afectar nocivamente la vida humana o la de especies beneficiosas, y también puede malgastar y deteriorar los recursos naturales renovables (Zamora. *et al.*, 2020). La contaminación ambiental es la presencia en el ambiente de cualquier agente físico, químico o biológico, o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para los seres vivos (Qiumei Wu 2021).

2.2.2. Ley general del ambiente

La ley general del ambiente N° 28611, su prioridad en primer lugar es regular por el derecho que tiene cada persona por vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida (MINAM. 2005), es decir se basa por el desarrollo sostenible de los espacios, en donde se mantenga un equilibrio entre el uso de recursos y la estabilidad de flora y fauna.

2.2.3. Estándares de calidad ambiental para suelos

Según decreto supremo N° 011-2017-MINAM, define al estándar de calidad ambiental como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo recepto.

ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO				
Parámetros en mg/kg PS	Usos del Suelo			Métodos de ensayo
	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivo	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos policromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de petróleo				
Fracción de hidrocarburo F1 (C6-C10)	200	200	200	EPA 8015
Fracción de hidrocarburo F2 (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburo F3 (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados – PCB	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total	750	500	2000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	..	400	1000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060 EPA 7199
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 Ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051 EPA 9013
Cianuro libre	0,9	0,9	8	SEMWW-AWWA- WEF 4500 CN F O ASTM D7237 ISO 17690:2015

Figura 1: Según los estándares de calidad ambiental para el suelo

FUENTE: Tomada de conformidad con el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM

2.2.4. Referencia a nivel internacional

En Perú, se establecen límites mínimos para diferentes metales y productos en los suelos, según varios estudios. A continuación, se presentan los criterios que se cumplen en Estados Unidos, ya que estos países tienen una amplia trayectoria en el ámbito minero, y además son ejemplos de sostenibilidad (Romero *et al*, 2021).

En la tabla 1, se muestra un resumen de los metales presentes en los estándares establecidos por el Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos (EPA,2017). En este caso, se puede apreciar que existen metales que no se encuentran incluidos en los Estándares de Calidad Ambiental del Perú, tales como cobre, plata y zinc entre otros.

Tabla 1

Estándar de Calidad para suelo - Estados Unidos.

Metales Pesados	Límite de concentración (mg/kg)
Antimonio	27
Arsénico	10
Bario	4700
Berilio	2
Cadmio	34
Cromo	100
Cobre	2500
Plomo	400
Mercurio	20
Níquel	1400
Selenio	340
Plata	340
Talio	5.4
Vanadio	470
Zinc	20 000

FUENTE: Tomado de Remediation Standard por EPA

2.2.5. Suelo contaminado

Un suelo contaminado es un lugar que no puede amortiguarse para una o varias sustancias y puede causar problemas para el suelo y los organismos que se desarrollan (Chávez, 2015). La contaminación del suelo por metales se produce a raíz de actividades antropogénicas como la minería, la combustión de fósiles, las actividades industriales y el uso de fertilizantes fosfatados (Qiumei Wu 2021).

2.2.6. Metales pesados

Los metales pesados son contaminantes ambientales de alta peligrosidad, además son difíciles de biodegradar y tienen una gran capacidad de bioacumulación en seres vivos, como; aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), titanio (Ti), vanadio (Va), y zinc (Zn) (Xia et al. 2022).

2.2.7. Minería

La minería es la obtención selectiva de los minerales y otros materiales a partir de la corteza terrestre, también es considerado una actividad económica primaria relacionada con la extracción de elementos y cuales se puede obtener un beneficio económico La minería es una actividad extractiva que se desarrolla y es fundamental para la economía (Ministerio de Energía y Minas., 2019).

2.2.8. Etapas de la minería

a. La exploración minera:

En la etapa inicial del ciclo minero se pretende localizar áreas en las que se encuentra mineral, es decir, un yacimiento, determinar sus características y recursos minerales a través del proceso de cateo y exploración (Ministerio de Energía y Minas., 2019).

b. Desarrollo de la mina:

Durante esta etapa la empresa estudia y evalúa si es posible explotar el yacimiento, luego realiza todo lo necesario para iniciar las actividades de operación, como obtener aprobación de sus estudios ambientales, estudios factibilidad e ingeniería, conseguir los permisos y construir las instalaciones.

c. La operación minera:

La operación minera consiste en la explotación de un yacimiento de mineral, es la etapa del ciclo minero en la que se extrae el mineral contenido en un yacimiento, generalmente es la etapa más larga de todas. La operación minera puede ser subterránea cuando el mineral se encuentra a mucha profundidad; o a tajo abierto, si el yacimiento se encuentra cerca de la superficie o es un grande.

d. Cierre de minas:

El cierre de una minería puede transcurrir por varios años. Es importante planificar con anticipación, que empiezan las actividades mineras; para evitar que queden lugares contaminados o pasivos ambiental mineros. El cierre de las minas es la última fase etapa del ciclo mineros, donde todas las minas tienen que cerrar en un futuro próximo. De igual manera, el cierre final cuando se completa la exploración del mineral, y la etapa posterior, después de finalizar las operaciones, el cierre de una mina puede prolongarse hasta los 10 años.

2.2.9. Pasivos ambientales mineros

Incluyen instalaciones, de chimeneas, piques, efluentes de emisiones, restos de depósitos de residuos, botaderos de desmonte y lixiviación, ubicadas en oficinas, talleres, plantas de procesamiento y otras áreas relacionadas con el proyecto minero, que en la actualidad no están en funcionamiento (Ministerio de Energía y Minas., 2019).

2.2.10. Desechos mineros

Son originados en transcurso de actividades como; mecánicos y químicos, por ende, es la mezcla de roca, minerales con el agua y contienen concentraciones elevadas de metales tóxicos, como también el drenaje ácido que se origina de la oxidación química de los sulfuros, de manera acelerada o por acción bacteriana, oxígeno, agua (Aduvire, 2018).

2.2.11. Fitorremediación

La fitorremediación hace referencia a uno de los recursos de la biorremediación más utilizados que se basa en el uso de plantas y aplica técnicas que combina las disciplinas de microbiología, química del suelo y fisiología de plantas (Montano *et al*, 2022) también, es considerado como una alternativa para tratar la contaminación aprovechando la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua con metales pesados, o metales radioactivos, y así evitar los efectos de contaminación en el medio ambiente (Delgadillo *et al*, 2011).

2.2.12. Mecanismos de fitorremediación

Se presentan diversos métodos para aplicar la técnica de fitorremediación, los cuales se presentan a continuación (figura 2).

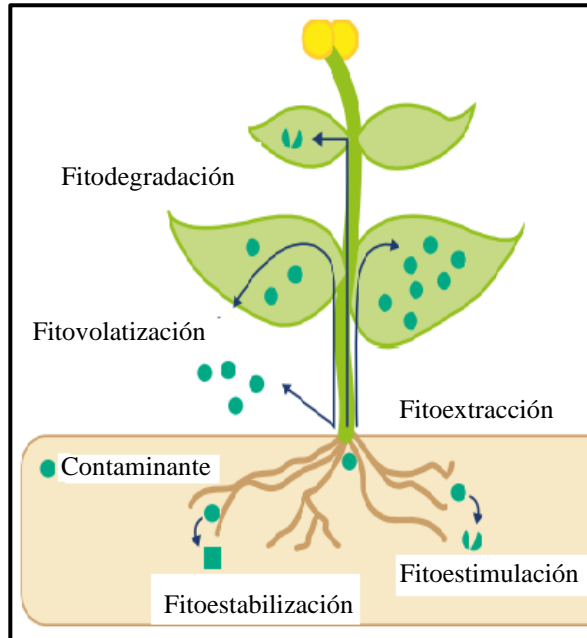


Figura 2 Gráfico de mecanismos de fitorremediación.

FUENTE: Según Vigil Berrocal, 2017.

a. *Fitoacumulacion*

Se refiere a la eliminación de un contaminante, por removido a través de las plantas, ya sea en un medio como el suelo, o el agua; tanto para subterránea o superficial. La fitoacumulacion, se origina cuando el contaminante se acumula en la planta y no es absorbido, es así que mediante una hiperacumulacion los vegetales pueden remediar suelos contaminados por pasivos ambientales mineros, llevándolos a valores admisibles. (Jacob *et al*, 2018).

b. *Rizodegradación*

Se trata de la aplicación de bacterias y hongos para el tratamiento de un contaminante en una zona en la que predomina la interacción microbiana con la raíz y la superficie, denominada rizosfera de determinadas plantas con características vasculares mediante la interacción mencionada, se evidencia la alteración geoquímica del entorno que pueden ejercer las plantas en dicha rizosfera, de tal manera que se degraden los contaminantes (Susarla *et al*, 2002).

c. *La Fitoestabilización*

La fitoestabilización es usar plantas tolerantes para inmovilizar los metales pesados en la rizosfera, adsorberlos y el secuestrarlos en los tejidos de la raíz o la adsorción en las paredes de las células de la raíz (Gerhardt *et al*, 2017). Por otro lado, es aquel proceso en el que se utilizan plantas para acumular y minimizar la movilidad de metales en suelos contaminados (Susarla *et al*, 2002). No obstante, es necesario investigar y profundizar en la acumulación de estos metales en las raíces, su renovación y liberación cuando éstas se encuentren en descomposición (Weis & Weis., 2004).

d. *La Fitovolatilización*

La Fitovolatilización es una estrategia que utiliza las plantas para absorber los contaminantes del suelo, convertir estos elementos tóxicos en una forma volátil menos tóxica y, posteriormente, liberarlos a la atmósfera mediante el proceso de transpiración de las plantas a través de las hojas o el sistema de follaje el cual minimiza los costos de remediación del contaminante (Mahar *et al*. 2016).

2.2.13. Factores de concentración

a. **Factor de bioconcentración** (*Bioconcentración factor*)

La bioconcentración se emplea para calcular la capacidad de obtención del metal por una planta por medio de sus tejidos para acumular metales en sus organismos de la planta por concentración en relación al suelo (Audet & Charest, 2007).

El factor de bioconcentración se calcula como el cociente entre la concentración de la sustancia en los tejidos mg/kg y la concentración en el suelo mg/kg, (Jara Peña 2017), con la siguiente fórmula:

FBC *Raíz*: En la raíz de la planta

$$\text{FBC Raíz} = \frac{[\text{metal}] \text{ Raíz}}{[\text{metal}] \text{ Suelo}} \quad (1)$$

b. **Factor de bioacumulación** (*Bioaccumulation Factor*)

Se refiere a la capacidad que posee una especie vegetal para formar una relación entre la concentración de metales en los brotes, es decir partes aéreas, y la del suelo. (Caille & Mc Grath, 2004; Yoon *et al*, 2006).

FBC Aérea: Parte aérea de la planta

$$\text{FBC parte aerea} = \frac{[\text{metal}] \text{ Aerea}}{[\text{metal}] \text{ Suelo}} \quad (2)$$

Donde:

FBC en la raíz de la planta: Si el FBC raíz < 1 la planta es excluyente Si el 1 < FBC raíz >10 la planta es acumuladora. Si el FBC raíz > 10 la planta es hiperacumuladoras.

FBC parte aérea de la planta: Si el FBC aérea < 1 la planta es excluyente. Si el 1 < FBC aérea >10 la planta es acumuladora. Si el FBC aérea > 10 la planta es hiperacumuladoras.

c. **Factor de translocación** (*Translocation Factor*)

Factor de translocación; es una medida de transporte interno de un metal e indica la relación entre la concentración acumulación en la parte aérea y la raíz de una planta (Mattina *et al.* 2003). Factor de translocación se determina dividiendo la concentración de fitomasa aérea mg/kg entre la concentración de la fitomasa de la raíz de la planta (Peña *et al.* 2014), con la siguiente formula:

$$\text{FT} = \frac{[\text{metal}] \text{ Aerea}}{[\text{metal}] \text{ Raiz}} \quad (3)$$

Dónde:

Si el TF > 1 indica que la planta transporta eficazmente los metales pesados de la raíz a la parte aérea de la planta por lo que su potencial es hiperacumuladora de metales en la parte aérea.

Si el TF < 1 indica que la planta no transporta eficazmente los metales pesados de la raíz a la parte aérea de la planta por lo que su potencial es la de fitoestabilizar metales en sus raíces.

2.2.14. **Plantas fitorremediadoras**

Existe especies vegetales que proliferan en suelos contaminados por metales pesados y presentan potencialidades para remediación de suelos; tales como *Pteris vittata*, *Trifolium pratense*, *Pityrogramma calomelanos*, *Mimosa pudica* y *Melastoma malabathricum* (kandawire *et al.* 2015). Tienen capacidad para descontaminar aguas como *Lemna gibba*, *Salvinia minima* y *Azolla carolinian* (Canales *et al.* 2020).

2.2.15. Especies vegetales altoandinas

Son pastizales naturales dominantes de la zona alta del altiplano, con vegetación dominante más desarrollada se compone principalmente de gramíneas nativas, gramínoideas o plantas morfológicamente similares a gramíneas, herbáceas o arbustos adecuados para pastoreo o ramoneo, que están distribuidos en diferentes pisos altitudinales, desde los 3500 hasta 4000 metros de altitud cubriendo planicies y laderas, en áreas de condiciones semiáridas y de suelos delgados, la especie predominante es *Stipa ichu*, *F. dolichophylla*, *C. vicunarum*. (Anthelme *et al*, 2015).

2.2.16. Formaciones vegetales en la sierra altoandina del Perú

Las praderas naturales de la sierra peruana están compuestas por una biodiversidad de plantas perennes y temporales. Las especies vegetales son la principal fuente de forraje de alimentos, para el desarrollo y producción de la ganadería altoandina del país (Tovar *et al*, 2002).

2.2.17. clasificación de los pastizales

Se distinguen en su aspecto debido a la interacción entre las áreas de vida natural, el suelo, el clima y la topografía, lo que genera diversos tipos de vegetación (Quispe R, 2003).

e. Pajonal

Entre los tipos de vegetación altoandina, esta es la que tiene una amplia extensión. Se trata de grupos de matas de gramíneas de hojas duras, a veces punzantes, conocidas como "ichu" o "paja" en todo el territorio alto andino. (Tovar *et al*, 2002). Este tipo de vegetación es conocido como gramíneas altas de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*, las gramíneas más frecuentes la *F. dolichophylla*, *F. orthophylla*, *S. ichu*, *S. plumosa*, *C. intermedia*, *C. antoniana* y *C. rígida*. (Flores A, 2005).

f. Césped de puna

Se caracteriza por la presencia de plantas de porte almohadillado y arrosado, así como de pajas de porte bajo (gramíneas), así como de especies de los géneros *Aciachne*, *Azorella*, *Liabum*, *Nototriche*, *Opuntia*, *Picnophyllun* y *Werneria*.

g. Bofedales

Estas plantas son originarias de lugares húmedos y son usadas para forraje durante la sequía. En la estructura florística se encuentran destacadas especies de porte almohadillado, como *Distichia muscoides*, *Plantago rígida* y *Oxicloe sp.* y especies como *Calamagrostis ovata*, *Calamagrostis eminens* y *Calamagrostis rigesens*. Junto a estas especies se encuentran otras de importancia como *Hipchoeris taxacoides*, *W. pigmae*, *A.*, *Doliplophylla* y *Cotula mexicana*.

h. Canllares

Esta agrupación se compone de plantas semiarbusivas de alto valor forrajero llamadas rosáceas *espinoza*, *Margiricarpus pinnatus* y *M. strictus*.

i. Tólares y Juncuales,

Se trata de áreas vegetales que se encuentran en el borde de los lagos y que están compuestas principalmente por *Scirpus californicus* y *Snexicanus*.

2.2.18. Principales especies altoandinas

a. *Stipa ichu* “ichu”

Planta con una gran variedad de macollos y renuevos agrupados de forma compacta, las cañas de 25-80 cm de altura, puntiagudas y duras. Las hojas con láminas foliares de 10-33 cm de longitud, con haz áspero y envés sin pelos. Una panícula de 15 a 30 cm de largo, sedosa y provista de flores. (Reynel *et al*, 2020).

Descripción taxonómica según Reynel *et al*, (2020).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Stipa*

Especie: *Stipa ichu*

b. *Calamagrostis vicunarum* “Crespillo o cushpa cushpa”

Es una planta perenne de 5-20 cm de altura, hojas fiformes, flexuosas o arqueadas de 2-4.5 cm de largo, densa, espiciforme, espiguilla uniflora de 5.5-6.5 mm de largo, denticulado en el ápice, con arista dorsal geniculado, raquilla de 0.5 mm de largo, con pelos cortos y escasos, se desarrolla en suelos secos o algo húmedos, es la especie dominante de la vegetación cespitosa de la puna se ubica entre los 3900 y 4300 msnm, siendo un buen pasto, pero escaso (Tovar *et al*, 2002).

Descripción taxonómica según Tovar *et al*, (2002).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Calamagrostis

Especie: *Calamagrostis vicunarum*

c. *Stipa brachyphylla*

La planta perenne, de 10 a 25 cm de altura con hojas involutas, casi filiformes, sub rígidas, inflorescencia en panícula angosta, espiguilla uní flora, algo purpúrea, con glumas más largas que la lemma, cilíndrica fusiforme con arista apical geniculado. Se extiende desde los 3 700 hasta los 4 300 metros de altura, en suelos secos.

Descripción taxonómica según Tovar *et al*, (2002).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Stipa

Especie: *Stipa brachyphylla*

d. *Distichia muscoides* “Orco tiña, Kunkuna”

Planta perenne; se caracteriza por su desarrollo como almohadillas compactas, densas, convexas y muy duras en el suelo de la Puna. Flores pequeñas, pequeñas, de 3-7 mm de longitud, fuertemente comprimidas, oblongo-lineales, con el ápice obtuso y calloso. Flores dispuestas en la parte apical del tallo, de 1-5 cm de longitud. En la zona altoandina se desarrolla una zona de suelo húmedo hasta anegados, tales como borde de las lagunas, que conforman los denominados Oconales o Bofedales de la Puna, desde 3900 a 4600 msnm. Descripción taxonómica según Tovar *et al*, (2002).

Reino: Plantae

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Sub clase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Poales Small

Familia: Juncaceae Juss.

Género: *Distichia*

Especie: *Disticha muscoides*

e. *Calamagrostis rigescens*

La planta perenne cespitosa posee cañas de entre 10 y 25 cm de altura y presentan hojas ligeramente involutadas o planas, suaves, panícula densa, espiciforme, espiguilla, lemma con arista dorsal recta y raquilla sin pelos. Se desarrolla en suelos húmedos desde los 3 800 hasta los 4 600, pueden ser encontrados en bofedales y áreas con agua permanente. Descripción taxonómica según Mamani *et al*, (2013).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Calamagrostis*

Especie: *Calamagrostis rigescens*

f. Festuca dolichophylla “Chilligua, ccoya”

Los vegetales que se encuentran protegidos por estas especies son conocidos como chilliguas en el Perú. La raíz es recta, cespitosa y fibrosa, hay cúmulos cilíndricos, hojas erguidas y firmes, vainas glabras de 20-30 cm. largos por 6-7 mm. La membrana de un tamaño máximo de 1 mm mide el ápice pubescente. Láminas son delgadas, con volutas. La inflorescencia tiene una panícula estrecha que tiene de ramas erectas o ascendentes.

Descripción taxonómica según Tovar *et al*, (2002).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Festuca

Especie: *Festuca dolichophylla*

g. Festuca rigescens

La planta perenne, cespitosa, de 15 a 25 cm de altura, lígula pestañeada, láminas semirrígidas, de ápice obtuso, involucrada en el haz. La panícula es angosta, espiciforme y ramas angulosas, a menudo gélidas. Las espiguillas de 2 a 3 flores, glumas desiguales, y se desarrollan a 3 800 hasta los 4 600 metros de altitud, en suelos húmedos. Descripción taxonómica según Mamani *et al*, (2013).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Festuca

Especie: *Festuca dolichophylla*

h. *Parastrephia lepidophylla* “Supu-tola, Tola de pan, “Taya”

Arbusto leñoso de hasta 1 m de altura, con los tallos erguidos. Hojas pequeñas de 3-4 mm de largo y 1 mm de ancho, con aspecto de escamas pegadas a las ramitas. En cabezuelas de medida de 0.5-1 cm, las flores son diminutas y tubulares, de tonalidad blanquecino. Fruto de 0.5-1 cm de longitud, alargado, provisto de pequeñas cerdas. La zona andina está ubicada entre los 3000 a 4700 m.s.n.m. (Reynel *et al*, 2020).

Descripción taxonómica según Reynel *et al*, (2020).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Parastrephia*

Especie: *Parastrephia Lepidophylla*

i. *Pycnophyllum molle* “Taksa-taksa, Tacsana, Cheka”

La planta perenne, que forma almohadillas densas y compactas en el suelo de la Puna, forma almohadillas densas y compactas; su altura es de 5-10 cm; el tallo se ramifica de forma flexible. Hojas muy pequeñas, con aspecto de escamas, imbricadas sobre las ramitas. Se desarrollan entre los 4000 a 4900 msnm; suele encontrarse en áreas abiertas, a menudo en la Puna, entre los pajonales (Reynel *et al*, 2020).

Descripción taxonómica según Reynel *et al*, (2020).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Caryophyllaceae

Género: *Pycnophyllum*

Especie: *Pycnophyllum Molle*

j. *Lupinus sp.* “Tarwi silvestre, Chochos”

Arbustos de pequeño porte hasta arbolitos con follaje denso ramificado desde la base. Los peciolos alargados y las hojas frecuentemente cubiertas de pelos finos y sedosos de color verde grisáceo. Enflorescencias en racimos erguidos, compactos y elegantes, compuestos por numerosas flores, frecuentemente de tonalidad morado vivo, llamativa. Distribuido en la región andina (Reynel *et al*, 2020).

Descripción taxonómica según Reynel *et al*, (2020).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Lupinus*

Especie: *Lupinus sp.*

k. *Astragalus uniflorus* “Puna surpu, Patsa, garbanzo, Shiric yalcoy”

Hierba o arbusto pequeño, que crece extendiéndose cerca del suelo; posee mucho follaje de color verde vivo. Hojas compuestas pinnadas, alternas, con 3-12 pares de láminas foliares oblongas, menudas, de 0.4-1 cm de longitud, con el margen entero, el ápice y la base agudos. Flores usualmente solitarias, de unos 2 cm de longitud, con la corola de color morado vivo.

Descripción taxonómica según Reynel *et al*, (2020).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Astragalus*

Especie: *Astragalus uniflorus*

l. *Scirpus rigidus* “Pachaca”

Es una especie perteneciente a la familia de las Cyperáceas. Planta perenne de 20 a 30 cm de alto, con una espiguilla solitaria, con flores de estilo trífido, con estambres y ausencia de aristas. Se desarrolla desde los 3500 hasta los 4300 msnm, en lugares húmedos, permaneciendo verde hasta junio (Mamani *et al*, 2013).

Descripción taxonómica según Reynel *et al*, (2020).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Cyperaceae

Género: *Scirpus*

Especie: *Scirpus rigidus*

m. *Plantago rigida* “Tsampa estrella, Qachqa oku”

Planta perenne; crece formando almohadillas compactas y rígidas de hasta 1-2 m de diámetro, densas, convexas y muy duras en el suelo de la Puna. Hojas pequeñas, lineares a lanceoladas, estrechas, de 7-18 mm de longitud, dispuestas en roseta, como pequeñas estrellas, coriáceas, con la superficie lustrosa. Flores solitarias y poco vistosas (Reynel *et al*, 2020).

Descripción taxonómica según Reynel *et al*, (2020).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Plantaginaceae

Género: *Plantago*

Especie: *Plantago rigida*

2.2.19. Método de transección al paso

Por las condiciones del altiplano y zona altoandina del Perú, este método ha resultado ser el más adecuado por su rapidez, precisión y su condición de replanteable; y consta de dos fases, siguientes (Segura 1963; Choquehuanca 2018).

a. Fase de campo.

Hacer un reconocimiento de la zona para tener una idea clara de la vegetación dominante y de la fisiografía del lugar de estudio (Segura 1963; Choquehuanca 2018).

Dividir el sector de estudio en zonas que faciliten el censo agrostológico, considerando la vegetación nativa predominante. Ubicar los lugares donde se harán los transectos; que por lo general son tres (Segura 1963; Choquehuanca 2018).

Estas transecciones deben ser colocadas o ubicadas en puntos representativos del tipo de vegetación, orientados y referidos a puntos fijos que permitan realizar replanteamientos en cualquier época del año (Segura 1963; Choquehuanca 2018).

Ejecución del censo a lo largo de las transecciones que consiste en tomar 100 observaciones a través de 100 pasos dobles, utilizando un anillo censador; el que se baja en cada paso doble hacia un lado del pie y se registra la especie que ocupa la mayor área de cobertura dentro del anillo (Segura 1963; Choquehuanca 2018).

Todas las transecciones se anotan en un formulario denominado “Ficha registro de transección al paso donde se registran las especies, cobertura de la superficie como hojarasca, musgo, suelo desnudo y roca (Segura 1963; Choquehuanca 2018).

b. Fase de gabinete.

Con el registro de especies se hace un resumen de los grupos por transectos ubicados; para luego obtener los promedios y porcentajes de cada especie que responden a diferentes asociaciones vegetales tomándose en cuenta para los estudios de cada asociación vegetal, predominante, al igual que (Segura 1963; Choquehuanca 2018). Donde, los registros de las transecciones se clasifican, en praderas según las vegetales, de acuerdo a las especies predominantes (Segura 1963; Choquehuanca 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

2.3. **Ámbito de estudio**

El presente estudio se llevó a cabo en el ámbito del pasivo ambiental minero de Palca, que se encuentra ubicado en el distrito de Palca, provincia de Lampa, ubicado en la región Puno, con coordenadas geográfica 318645 E y 8456516 N, con una altitud de 4068 metros sobre el nivel del mar.



Figura 3: El pasivo ambiental minero de Palca-Puno

2.3.1. **Tipo de Investigación**

Según Hernández (2014), la investigación realizada fue de tipo descrito y experimental, ya que se enfocó en determinar la relación existente entre la capacidad de acumulación de metales pesados en las especies altoandinas en su raíz y tallo, así como en el suelo contaminado por el pasivo ambiental minero (Dávila & Villegas, 2017).

2.4. **Población y Muestra**

2.4.1. **Población**

La población de estudio estaba conformada por todas las especies vegetales altoandinas que crecen naturalmente en el suelo contaminado por metales pesados provenientes del pasivo ambiental minero de Palca.

2.4.2. Muestra

Se tomaron un total de 15 muestras en tres parcelas de estudio, en las que 12 pertenecen a especies vegetales altoandinas y tres a suelos. Asimismo, se consideró el análisis de las raíces y la parte aérea de cada una de las seis especies altoandinas con mayor cobertura vegetal a través del método de transección al paso, (Choquehuanca, 2018). Se procedió a extraer una cantidad de 350 gramos tanto para el tejido vegetal como para el suelo. En cada muestra se llevó a cabo un análisis minucioso de los 30 metales pesados, no obstante, solo se tomó en cuenta 20 de ellos debido a su relevancia (Dávila & Villegas, 2017).

2.5. Materiales y equipos

Libreta de campo, pala y pico de acero inoxidable, tijera podadora, estacas, cordel, cinta métrica, bolsas de polietileno para recolectar las muestras, bolsas herméticas Ziploc, guantes de nitrilo, rótulos para la identificación de las muestras, marcador indeleble para identificación de las muestras, cooler, GPS/garmin etrex 30, cámara/power shot y espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente -ICP/OES.

2.6. Procedimiento metodológico

2.6.1. Identificación de las especies altoandinas con potencial fitorremediador

Se realizó un inventario de vegetación altoandina, que crecen naturalmente en el suelo contaminado por el pasivo ambiental minero de Palca. Se ha dividido el área de estudio en tres parcelas de 2000 metros cuadrados aprox. al igual que (Segura, 1963). Estas parcelas fueron demarcadas con estacas y cordeles, donde se llevó a cabo un inventario por cada parcela de estudio mediante evaluaciones agrostológico a través del método de transección al paso, según (Choquehuanca, 2018).

Para obtener una comprensión clara de la vegetación dominante, el inventario se inició con un reconocimiento de la zona de estudio, teniendo en cuenta aquellos ejemplares con flores y semillas y de la fisiografía a lo largo de las transecciones que consiste en tomar las 100 observaciones a través de 100 pasos dobles utilizando un anillo censador; el que se baja en cada paso doble hacia un lado del pie y se registra la especie que ocupa la mayor área de cobertura dentro del anillo (Yaranga *et al.*, 2018).

Se recolectó vegetación con amplia cobertura vegetal y se registró en un formulario denominado (Ficha de registro de transección al paso), de las especies vegetales altoandinas, tales como mantillo, roca, suelo desnudo, y pavimento de erosión (Estrada & Zapana, 2018). La identificación taxonómica de la vegetación altoandina recolectada estuvo a cargo del doctor José Domingo Choquehuanca Soto docente de la Universidad Nacional del Altiplano. Asimismo, se confirmó la información sobre el tipo de familia, género y especies de cada planta a través del libro guía para la identificación de pastos naturales alto andinos de mayor importancia ganadera (Tovar *et al.*, 2002).

2.6.2. Evaluación de concentración metales pesados en la raíz y la parte aérea de las especies altoandinas

a. Preparación de muestra de raíces y la parte aérea.

Se seleccionó las especies con mayor cobertura vegetal y la más representativa del pasivo ambiental minero de Palca, mediante evaluaciones agrostológico a través del método de transección al paso, al igual que (Choquehuanca., 2018). Asimismo, se procedió a la extracción de las especies jalando con mucho cuidado, con el fin de evitar dañar las raíces y la parte aérea de las especies (Marrugo et al, 2016). Se empleó un pico y pala para la remoción del suelo hasta encontrar las raíces a una profundidad de 30 centímetros. También se usó una tijera, para obtener la parte aérea (Midhat et al., 2019).

Tras la recolección de la muestra, se depositó en una bolsa de polietileno debidamente codificada y embalada en un recipiente cooler para su transporte y posterior análisis en el Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R. Ltda a través del método espectrómetro de emisión óptica ICP/OES al igual que (Calla Y, 2021).

b. Análisis de la muestra de las raíces y la parte aérea.

El análisis de las raíces y la parte aérea de las especies vegetales se llevó a cabo en el Laboratorio Analítico del Sur E.I.R. Ltda, ubicado en el departamento de Arequipa. Asimismo, se encuentra debidamente acreditada por Inacal, con el número de identificación LE -050 por el método ICP/OES (Calla Y, 2021).

Tabla 2*Método de ensayo aplicado*

Código	Descripción
5090	La determinación de oligoelementos en alimentos a través de la espectrometría de masas de plasma conectadas inductivamente (Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Sr, Ti, V y Zn).

FUENTE: Adaptado del Laboratorio Analítico del Sur (2022).

c. *Cálculo de índice de fitorremediación*

Factor de Bioconcentración. La presente ecuación permite determinar la capacidad de acumulación de metales del suelo en las especies vegetales altoandinas (raíz y parte aérea).

$$\text{FBC}_{\text{raíz}} = \frac{[\text{metal}]_{\text{raíz}}}{[\text{metal}]_{\text{suelo}}} \quad (5)$$

$$\text{FBC}_{\text{Tallo}} = \frac{[\text{metal}]_{\text{raíz}}}{[\text{metal}]_{\text{suelo}}} \quad (6)$$

Dónde: FBC, es el factor de bioconcentración, [metal] raíz es la concentración del metal pesado en la raíz, [metal] aérea es la concentración de metal pesado en los tallos y [metal]suelo es la concentración de metal pesado en el suelo

Factor de Translocación FT. La investigación utilizó un método llamado FT, para evaluar la traslocación de los metales desde las raíces al tallo a través de la siguiente ecuación:

$$\text{FT} = \frac{[\text{metal}]_{\text{aérea}}}{[\text{metal}]_{\text{Raíz}}} \quad (7)$$

2.6.3. Determinación de la concentración de metales pesados en el suelo

a. *Preparación de muestra*

El análisis del suelo se realizó me muestreo de suelo se realizó mediante el método de muestreo de Nivel de Fondo, este tipo de muestreo se empleó con el propósito de determinar la concentración de los químicos regulados por el Estándar de Calidad Ambiental de acuerdo con la guía de muestreo de suelo (MINAM., 2014).

Se colectó tres muestras de suelo, en las mismas parcelas de muestreo establecidas para las especies vegetales altoandinas (Choquehuanca., 2018). Por lo tanto, la información sobre suelos y la especie vegetales de dicha área permitió desarrollar una relación entre el suelo y la vegetación altoandina (Medina y Montano, 2014).

La exploración del hoyo se llevó a cabo mediante una pala y un pico a una profundidad aproximada de 30 centímetros y un ancho de 30 centímetros, (Díaz., *et al* 2018), con el fin de que estas muestras que se obtuvieron sean representativas. Asimismo, se procedió a mezclar y se cuartear a una cantidad de 350 gramos, y se envasó en una bolsa de plástico zip-lock, rotulada y codificada (MINAM., 2014). Se trasladó posteriormente al laboratorio Analítico del Sur E.I.R. Ltda, ubicado en el departamento de Arequipa para el análisis químico mediante el método ICP/OES.

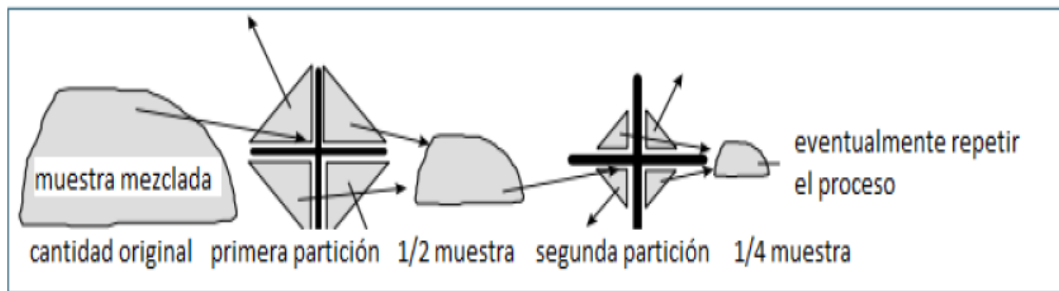


Figura 4: Partición de muestrascd

b. Análisis de muestras de suelo

Los análisis de parámetros fisicoquímicos de metales pesados; tales como pH, C.E, se llevaron a cabo en los laboratorios analíticos del sur E.I.R.Ltda.

Tabla 3

Método de ensayo aplicado

Código	Descripción
7046	Se utiliza el método 3051 para la digestión ácida asistida por microondas de sedimentos, lodos, suelos y aceites, mediante ICP/OES. (Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, Ti, V y Zn).

FUENTE: Adaptado del Laboratorio Analítico del Sur (2022).

2.6.4. Diseño estadístico

El diseño estadístico se enfocará en la correlación lineal que permitirá establecer el coeficiente de Pearson con el propósito de establecer la correlación entre la concentración de metales pesados en las especies vegetales altoandinas y el suelo contaminado, tal y como señalan (Dávila y Villegas 2018). Asimismo, Se llevó a cabo la utilización de Microsoft Excel 2019 y, para las pruebas estadísticas descriptivas e inferenciales, se empleó el paquete estadístico SPSS 22.0.0, según (Calla Y, 2021).

Correlación Lineal: Esta medida estadística muestra cómo las variables están conectadas y cómo funcionan las líneas de regresión. En particular, indica la discrepancia entre los datos cuantitativos o cualitativos. Asimismo, en esta medida estadística se incluirá el término de coeficiente de correlación, el cual mide el grado de asociación o afinidad entre las variables relacionadas (Dávila y Villegas 2018).

El diseño con la siguiente formula:

$$-1 < r < 1 \tag{4}$$

Lo que se refiere es:

Si $r > 0$, se establece una correlación directa positiva.

Si $r < 0$, es una correlación inversa negativa.

Si $r^2 = 1$, los datos forman una línea recta.

Si $r = +1$, hay una correlación perfectamente positiva.

Si $r = -1$, existe una correlación perfectamente negativa.

Si $r = 0$, los datos son incorrelacionados.

CAPITULO III.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación de las especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador

3.1.1. Inventario de las especies vegetales altoandinas

Se encontraron 23 especies vegetales que crecen en el suelo contaminado por pasivo ambiental minero de Placa, agrupadas en siete familias. En una investigación de Cruzado *et al*, (2021) en las áreas de los pasivos ambientales mineros de la región de Cajamarca, logró identificar 21 especies de plantas nativas, las más importante fueron; *Festuca sp* y *Calamagrostis recta*. De igual manera logró identificar y caracterizar 16 especies vegetales agrupadas en siete familias, siendo *Stipa ichu*, *Juncus sp.*, y *Baccharis sp.* reportado por Martínez *et al*, (2021). Asimismo, identificó las especies más abundantes, al igual que Dávila y Villegas (2018), logró localizar 63 especies de flora herbácea en la zona de estudio un total de 1673 individuos de especies en las 15 parcelas. Las investigaciones llevadas a cabo con el fin de detectar especies vegetales, empleó el método del marco cuadrante y transmisión al paso, este método es más apropiado por su rapidez y precisión en las condiciones del altiplano y zona altoandina del Perú Choquehuanca, (2018).

Tabla 4

Familias y especies vegetales altoandinas identificadas en la parcela uno

Familia	Especies vegetales	Nombre común	Frecuencia %
Gramíneas	<i>Stipa hans meyeri</i>	Puna kcachu	20
	<i>Calamagrostis recta</i>	Huaylla ichu	11
	<i>Festuca rigescens</i>	Chilligua	5
	<i>Calamagrostis crthysantha</i>	Kori huaylla	3
	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Crespillo	4
	<i>Stipa sp.</i>	Gramma ichu	4
	<i>Stipa brachyphylla</i>	"Grano ichu	2
Compuesta	<i>Parastrephya lepidophylla</i>	Tola	3
	<i>Cotula sp.</i>		2
Cariophylláceas	<i>Pycnophyllum molle</i>	Cheka	4
	<i>Stellaria media</i>	Wari coca	3
	Mantillo, roca y suelo desnudo		39

Se logró identificar 11 especies vegetales altoandinas de acuerdo al inventario, presentó un mayor porcentaje en composición botánica y cobertura vegetal por tipo de pradera pajonal identificado en la parcela de estudio donde se observa que las especies vegetales más frecuentes es la *Stipa hans meyeri* con 20 %, *Calamagrostis recta* 11 %, *Pycnophyllum molle* 6 %, *Festuca rigescens* 5 % y *Stipa ichu* 3 %. Por otro lado, logró identificar en otra investigación las especie *Stipa ichu*, *Juncus sp.*, y *Baccharis sp.* reportado por Martínez et al, (2021). Asimismo, identificó en los suelos contaminados por pasivo ambiental minero las especies *Festuca sp* y *Calamagrostis recta* reportado por Cruzado et al, (2021). Sin embargo, es importante mencionar que la vegetación tipo pajonal ocupa mayor extensión en las zonas altoandinas esta denominada por gramíneas altas como la chilligua (*Festuca dolichophylla*), ichu (*Stipa ichu*), y el huaylla ichu (*Calamagrostis rígida*) reportado por Bustamante, (2020).

Tabla 5

Familias y especies vegetales altoandinas identificadas en la parcela dos

Familia	Especies vegetales	Nombre común	Frecuencia %
	<i>Calamagrostis ovata</i>	Sora	18
Gramíneas	<i>Festuca rigescens</i>	Orq'ho chilligua	15
	<i>Calamagrostis recta</i>	Huaylla ichu	11
	<i>Stipa hans meyeri</i>	Puna kcachu	3
	<i>Distichia muscoidis</i>	Kunkuna	9
Juncáceas	<i>Siperus sp.</i>	Ccaran caran	2
	<i>Elocharis albibracteata</i>	Alquemillo	2
Cariophylláceas	<i>Pycnophyllum molle</i>	Cheka	4
Leguminosas	<i>Astragalus uniflorus</i>	Violeta	4
		<i>Mantillo, roca y suelo desnudo</i>	32

Se logró identificar nueve especies vegetales a través del inventario. Se observó un incremento en la composición botánica y florística ha mejorado porque los bofedales son lugares húmedos y hay más especies vegetales, de carácter permanente que son fuente de forraje en la zona altoandina según Tovar *et al*, (2002). Y, las especies vegetales más comunes fueron *Calamagrostis ovata* con 18 %, *Festuca rigescens* con 15 %, seguida por la *Calamagrostis recta* 11 % y *Disticha muscoides* 9 %.

Asimismo, se logró llevar a cabo una evaluación agrostológico en Puno a 3840 msnm, donde se hallaron especies de gramíneas dominantes perennes como *Distichia muscoides* (21.67 %), *Festuca dolichophylla*, (13.58%), *Stipa ichu* (10.83 %), según lo reportado por Zapana, (2020). En otra investigación, logró identificar las especies vegetales *Calamagrostis recta* y *Festuca gluceriantha* reportadas por Corpus (2018). En otra investigación realizada en un bofedal afectado por drenaje acido de roca en el departamento de Áncash, se ha logrado identificar la especie *Disticha muscoides* reportado por Otoya M, (2023).

Tabla 6

Familias y especies vegetales altoandinas identificadas en la parcela tres

Familia	Especies vegetales	Nombre Común	Frecuencia %
Juncáceas	<i>Distichia muscoidis</i>	Kunkuna	40
Cyperáceas	<i>Elocharis albibrachata</i>	Alquemillo	2
Plantagináceas	<i>Plantago tubulosa</i>	Champa estrella	2
Leguminosas	<i>Lupinus sp.</i>	Huaylla cayu	4
Compuestas	<i>Perezia multiflora</i>	Escorzonera	4
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Tullopasto	13
	<i>Calamagrostis ovata</i>	Sora	7
	<i>Calamagrostis antoniana</i>	Jatum pork	3
Gramíneas	<i>Calamagrostis recta</i>	Huaylla ichu	3
	<i>Calamagrostis sp</i>	Puma ichu	3
	<i>Festuca rigescens</i>	Orq'ho chilligua	5
	<i>Stipa ichu</i>	Sicuya ichu	2
		Mantillo, roca y suelo desnudo	12

Se logró identificar 12 especies vegetales de conformidad con el inventario. Se presentó un mayor porcentaje en composición botánica y florística en condición de vegetación bofedal en la parcela de estudio. Las especies vegetales más frecuentes fueron *Disticha muscoides* con 40 %, seguida de *Calamagrostis. rigescens* 13 %, *Festuca. rigescens* 5 % y *Peresia. multiflora* 9 %. Se observa un aumento de vegetación debido a un ambiente húmedo o bofedal Choquehuanca, (2004). En otra investigación logró identificar la especie *Distichia. muscoides* en un bofedal afectado con drenaje acido de roca en Áncash, la por Otoya M, (2023).

En los bofedales en los bofedales en su composición florística se destacan especies de aporte almohadillado tales como la *Disticha muscoides*, *Plantago rígida* y *Festuca rigescens* reportado por Bustamante, (2020).

3.2. Evaluación de la capacidad de acumulación de los metales pesados en la raíz y tallo

El análisis de ICP/OES mostró las concentraciones de metales totales, en el tejido vegetal. Se obtuvieron 12 muestras, siendo seis a la parte de las raíces de cada especie vegetal altoandina y seis a la parte del tallo, obtenida en los suelos provenientes del pasivo ambiental minero, lo cual se encuentra detallado a continuación.

Tabla 7

Especies vegetales altoandinas con capacidad de acumulación de metales en la raíz y la parte aérea

mg/Kg	Parcela uno/cima altoandina				Parcela dos/ladera altoandina				Parcela tres/pie de ladera altoandina			
	<i>Stipa hans meyeri</i>		<i>Calamagrostis recta</i>		<i>Calamagrostis ovata</i>		<i>Festuca rigescens</i>		<i>Calamagrostis rigescens</i>		<i>Distichia muscoides</i>	
	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo
Plata (Ag)	0.05	0	0.07	0	0.04	0	0	0.13	0	0	0	0
Aluminio (Al)	50	3.78	41.95	1.78	32.37	2.44	50	8.72	50	40.35	13.35	45.44
Arsénico (As)	0.09	0.03	0.06	0.02	0.07	0.03	0.17	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
Cadmio (Cd)	0.55	0.01	0.25	0.01	0.11	0.01	0.42	0.03	0.06	0.04	0.06	0.03
Cobalto (Co)	0.14	0	0.07	0	0.08	0	0.21	0.02	0.09	0.06	0.02	0.12
Cromo (Cr)	0.25	0.15	0.25	0.32	0.24	0.18	0.3	0.6	0.2	0.34	0.18	0.25
Cobre (Cu)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Hierro (Fe)	60	13.28	60	7.25	60	10.19	60	45.1	60	60	58.8	60
Mercurio (Hg)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Magnesio (Mg)	50	34.2	50	16.58	50	50	50	26.02	37.73	50	50	50
Manganeso (Mn)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Molibdeno (Mo)	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.07	0.05	0.03	0.09	0.22	0.02	0.1
Níquel (Ni)	0.15	0.07	0.13	0.05	0.1	0.06	0.12	0.12	0.11	0.09	0.06	0.09
Plomo (Pb)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Antimonio (Sb)	0.02	0	0.02	0	0.04	0	0.07	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Selenio (Se)	0.02	0.16	0.05	0.02	0.1	0.14	0.03	0.05	0.02	0.05	0.22	0.08
Estroncio (Sr)	0.25	0.33	0.28	0.1	0.85	0.85	0.82	0.84	0.56	0.85	0.85	0.85
Titanio (Ti)	1	0.24	0.99	0.19	0.52	0.27	0.86	0.2	0.89	0.54	0.38	0.45
Vanadio (V)	0.23	0.04	0.12	0.03	0.1	0.04	0.33	0.04	0.16	0.12	0.07	0.15
Zinc (Zn)	4	4	4	2.6	4	3.11	4	4	4	4	4	4

3.2.1. Concentración de metales pesados en las seis especies vegetales altoandinas

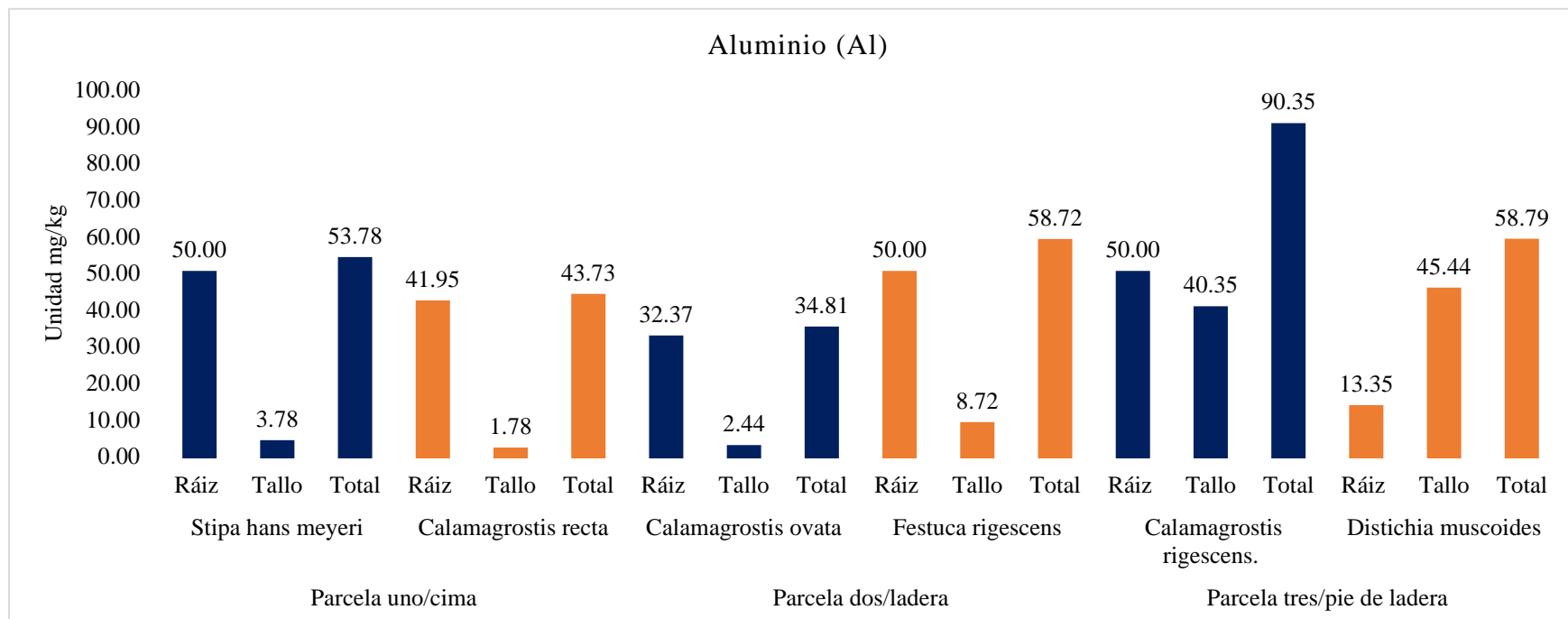


Figura 5. Concentración de aluminio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración más elevada de aluminio se debió a la especie altoandina *Calamagrostis rigescens* con 90.3 mg/kg y el valor almacenado en la raíz es de 50 mg/kg. Además, el valor de *Stipa obtusa* y *Festuca dolichophylla* en la raíz almaceno 1.3 mg/kg de aluminio según lo indicado por Ortiz *et al*, (2015). El aluminio en otros trabajos de investigación fue de 2481 mg/kg, en la raíz del *Juncus articus willd* encontrado en las áreas contaminadas con el pasivo mineros reportados por Medina y Montano (2014). Otros valores obtenidos en la raíz de 471.2 mg/kg de aluminio y en la parte aérea 36.2 mg/kg del *Calamagrostis tarmensis*, se han reportado por Dávila y Villegas (2018).

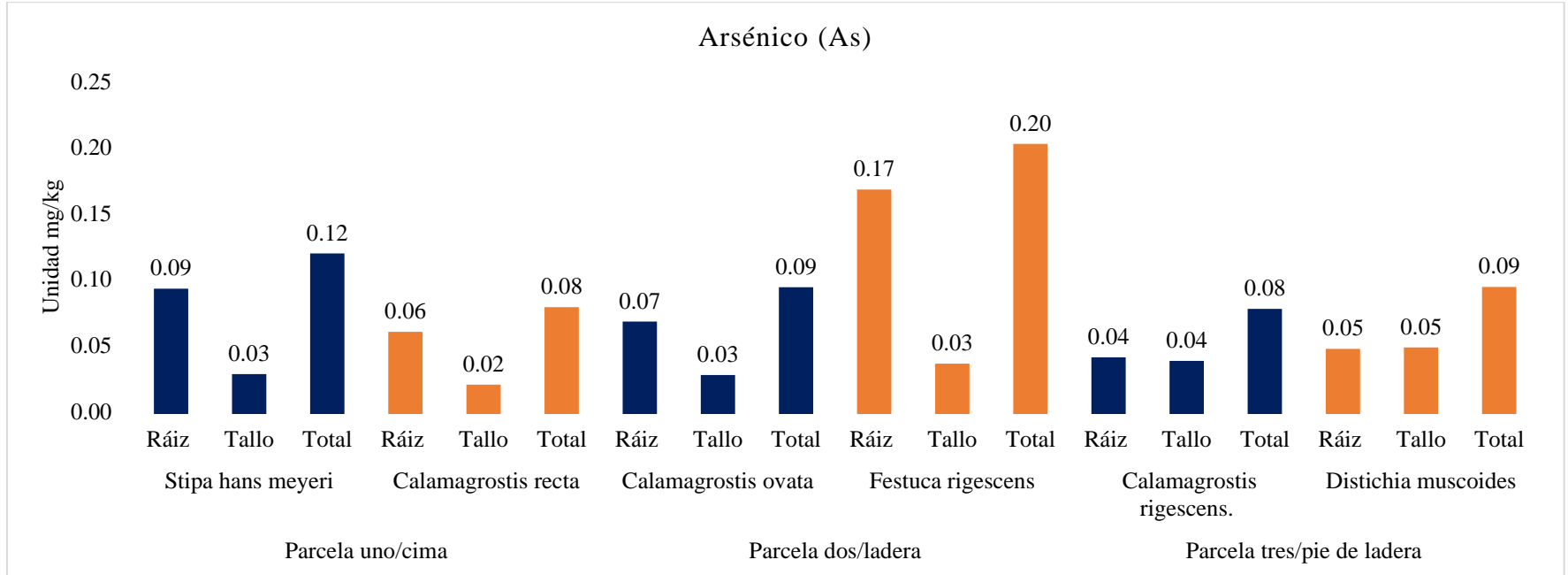


Figura 6. Concentración de arsénico (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La mayor concentración de arsénico se encuentra en la especie altoandina *Festuca rigescens*, con 0.20 mg/kg, cuyo valor máximo de absorción del metal en la raíz es de 0.17 mg/kg. además, la flora herbácea *Calamagrostis tarmensis* y *Carex pichinchensis* experimentó un incremento de 52.7 mg/kg en la raíz, tal como se ha reportado por Dávila y Villegas (2018). Se hallaron otros valores en las raíces de 604 mg/kg del *Juncus articus willd*, obtenido por Medina y Montano (2014). El valor encontrado en la raíz 11.16 mg/kg del *Helianthus annuus* en el suelo contaminado por metales pesados con 48.3 mg/kg registrado por Peña y Beltrán (2022). La mayoría de las especies vegetales inmovilizan contaminantes en el suelo a través de su acumulación en las raíces.

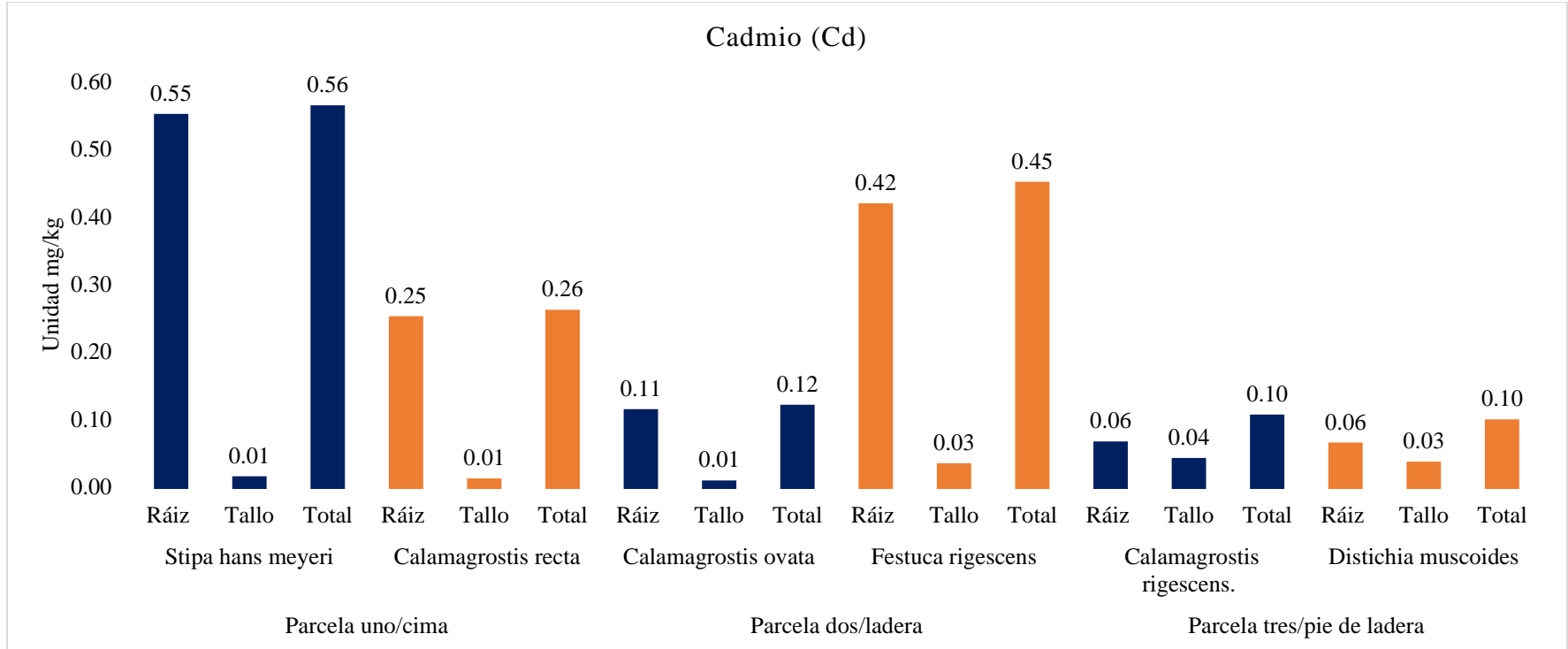


Figura 7. Concentración de Cadmio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración de cadmio más elevada fue atribuida a la especie vegetal *Stipa hans meyeri* con una concentración de 0.56 mg/kg, mientras que su valor se incrementó en la raíz con una concentración de 0.55 mg/kg, y en la parte aérea con 0.04 mg/kg del *Calamagrostis rigescens*. asimismo, el valor obtenido en la raíz con 0.2 mg/kg de cadmio del *Calamagrostis recta* evaluado por Cruzado et al., (2021). La concentración máxima del *Calamagrostis tarmensis* en la raíz es de 4.4 mg/k y la parte aérea es de 0.52 mg/kg según las investigaciones realizadas por Dávila y Villegas (2018). Asimismo, el valor del *Polylepis racimosa* en la parte aérea es de 5.51 mg/kg de cadmio según el informe de Ríos (2017). La especie vegetal *Calamagrostis recta* reportado por Corpus (2018), inmovilizo el metal de aluminio del suelo a través de su absorción y acumulación en las raíces en la parte aérea de 9.52 mg/kg y en la raíz de 60.20 mg/kg.

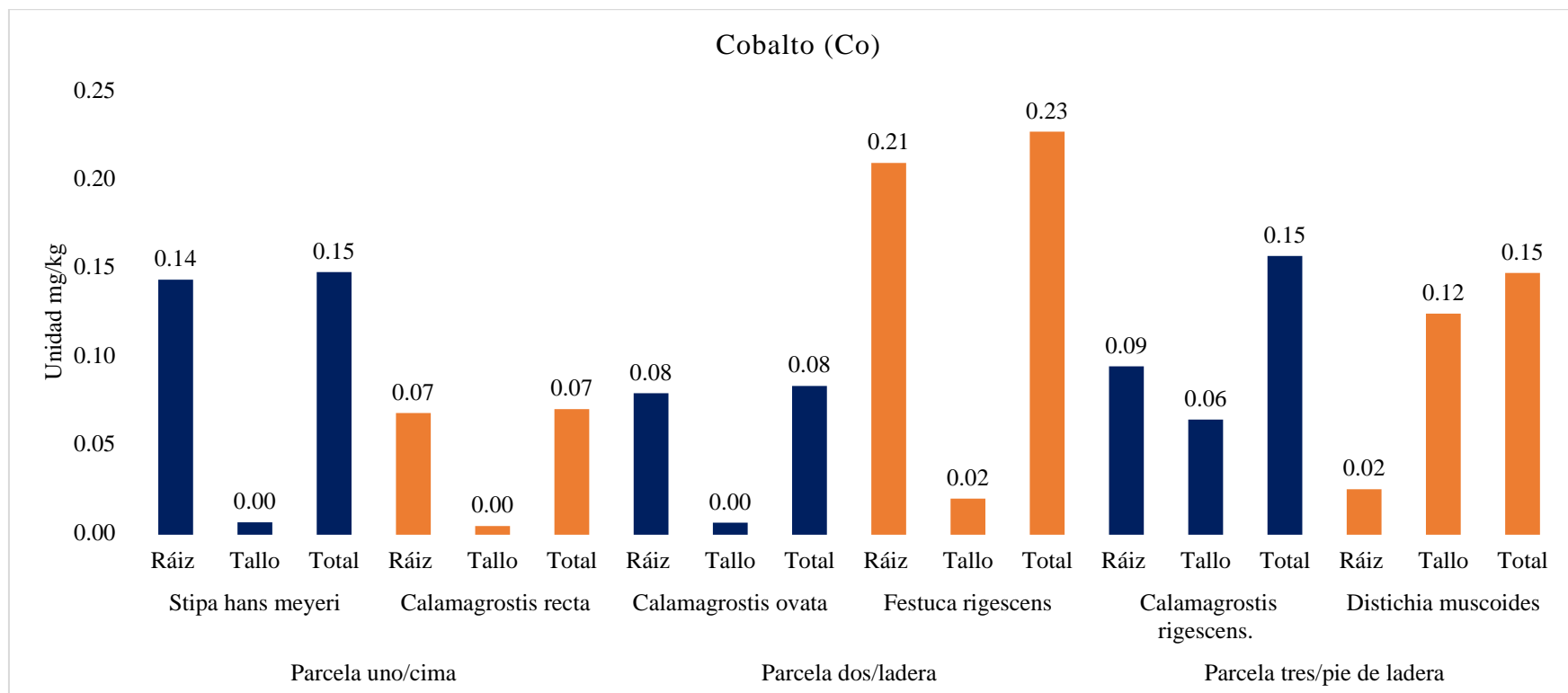


Figura 8. Concentración de cobalto (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración más elevada de cobalto se encontró en la especie vegetal *Festuca rigescens* con 0.23 mg/kg, mientras que el valor inmovilizado se ubica en la parte aérea del *Distichia muscoides* con 0.12 mg/kg y en la raíz de 0.09 mg/kg del *Calamagrostis rigescens*. Asimismo, señalo que el valor de cobalto en la parte aérea es 56.05 mg/kg y la raíz es 26.16 mg/kg almacenado en el *Baccharis sp*, y también se ha registrado una eficiente translocación de cobalto desde la raíz hasta a la parte aérea, tal como ha sido revelado por Arpasi (2019). En otras investigaciones, el valor obtenido en la raíz es de 0.4 mg/kg y en el tallo es de 1.1 mg/kg del *Senecio rudbeckiaefolius*. Esta especie vegetal transloca cobalto desde la raíz hasta la parte aérea del tallo evaluado por Papuico (2018).

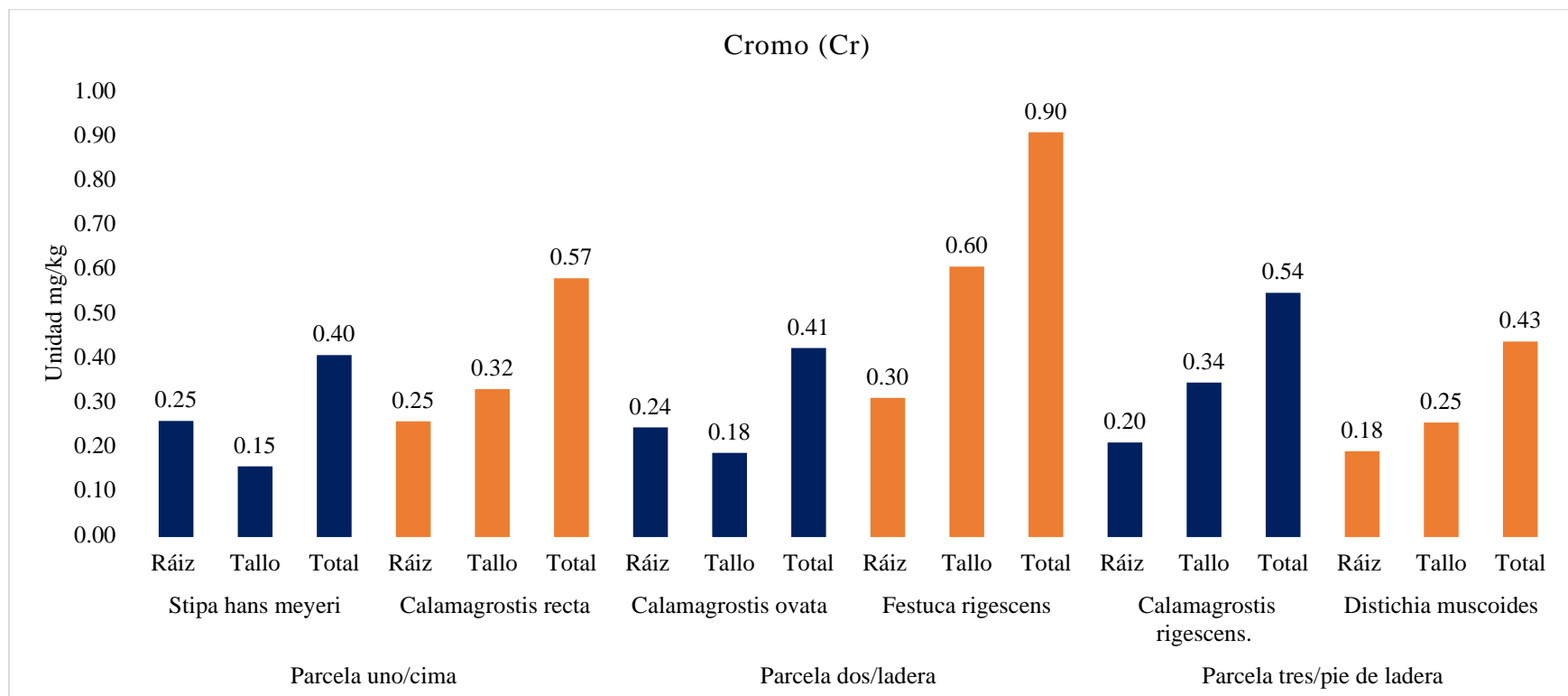


Figura 9. Concentración de cromo (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración más elevada de cromo se presentó en la especie vegetal *Festuca rigescens* con una concentración de 0.90 mg/kg, evidenciando una elevada inmovilización en la parte aérea con 0.60 mg/kg. Asimismo, se ha obtenido un valor de 0.15 mg/kg en la parte aérea y en la raíz de 0.25 mg/kg de la especie vegetal *Stipa hans meyeri*. Además, el valor del *Calamagrostis tarmensis* en la parte aérea es de 0.8 mg/kg y en la raíz es de 0.65, según Dávila y Villegas (2018). El contenido de cromo en el suelo de manera natural es de 30 a 300mg/kg mientras que en las especies vegetales altoandinos es de 0.006 a 18 mg/kg (Montay, 2015). Esto quiere decir que las especies vegetales altoandinas estudiadas poseen resistencia al cromo.

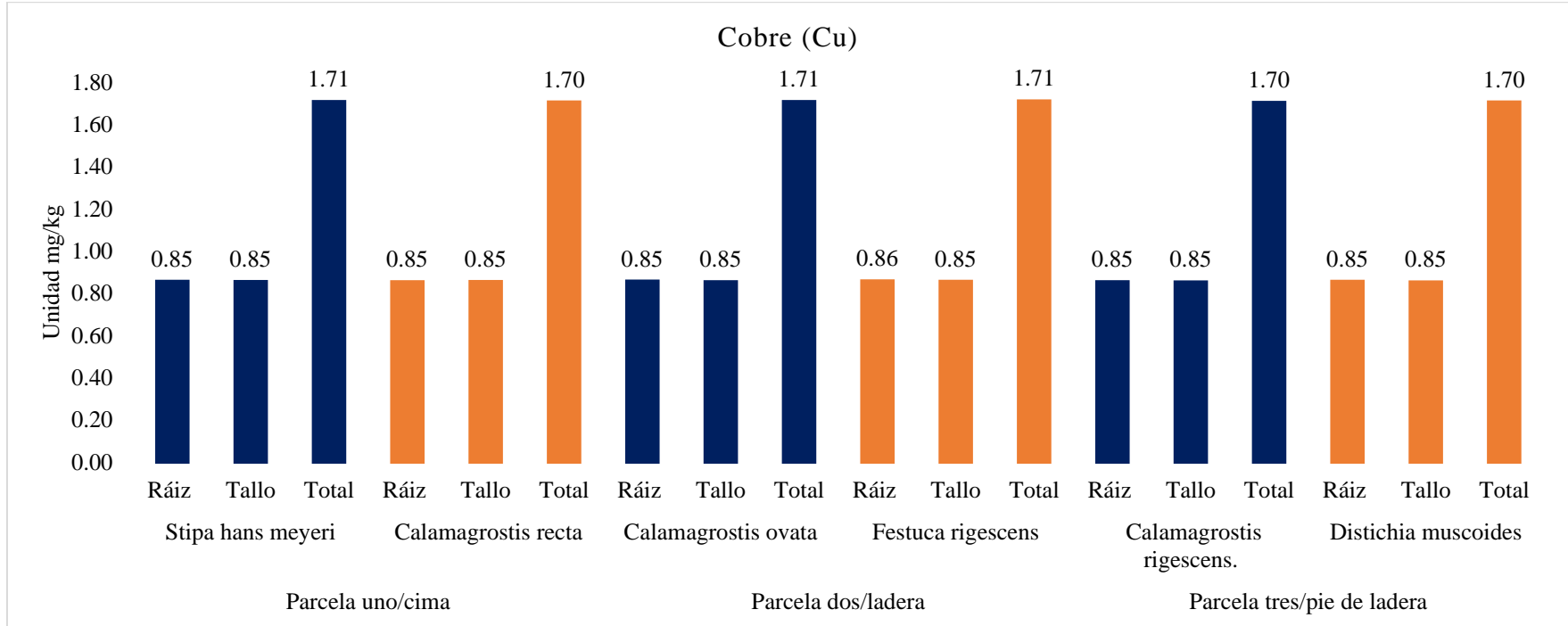


Figura 10. Concentración de cobre (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La mayor concentración de cobre fue atribuida a la especie vegetal *D. muscoides*, *C. rigescens*, *S hans meyeri*, *F. rigescens*, *C. ovata* y *C. recta*. inmovilizo el metal en la parte aérea con 0.85 mg/kg y en la raíz con 0.85 mg/kg. Asimismo, el valor almacenado del *Stipa ichu* en su parte aérea es de 0.51 mg/kg y la raíz es de 0.56 mg/kg del informe realizado por Romero y Bravo (2021). La especie *Calamagrostis recta* estabilizó el contaminante en su raíz de 55 mg/kg y en la parte aérea de 30 mg/kg según Cruzado et al, (2021). El valor acumulado del *Festuca glyceriantha* en su parte aérea es de 23.60 mg/kg, mientras que en su raíz es de 189.60 mg/kg según reportado Corpus (2018). El cobre, reportado del *Calamagrostis tarmensis* en el tallo es de 44.9 mg/kg y la raíz fue de 533.7 mg/kg Dávila y Villegas (2018)

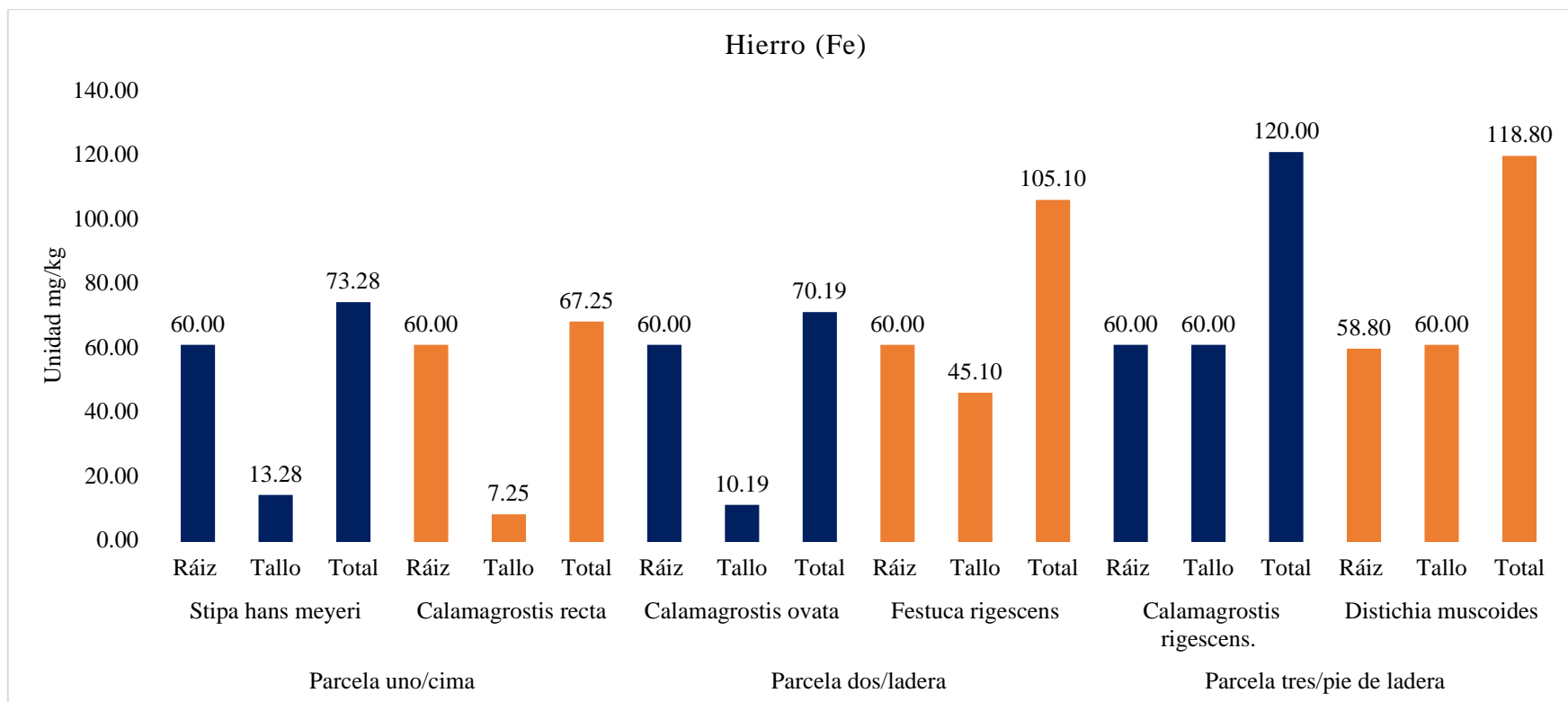


Figura 11. Concentración de hierro (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración máxima de hierro perteneció en la especie vegetal *Calamagrostis rigescens* es de 120 mg/kg, lo cual indica una mayor inmovilización del metal en la raíz y la parte aérea es de 60.00 mg/kg de la especie. El valor reportado por la especie *Helianthus annuus* almaceno en la raíz es de 1452 mg/kg y la parte aérea es de 304.1 mg/kg, según Peña y Beltrán (2022). La acumulación de *Stipa ichu* se produjo en la parte aérea con una cantidad de 366.2 mg/kg, mientras que la raíz se encuentra en 673.7 mg/kg, según lo reportado por Romero y Bravo (2021). La mayor metabolización del *Verbascum olimpicum*, se llevó a cabo en la raíz con una capacidad de 1113 mg/kg, mientras que en el tallo se reportó una cantidad de 1960 mg/kg, Medina y Montano (2014).

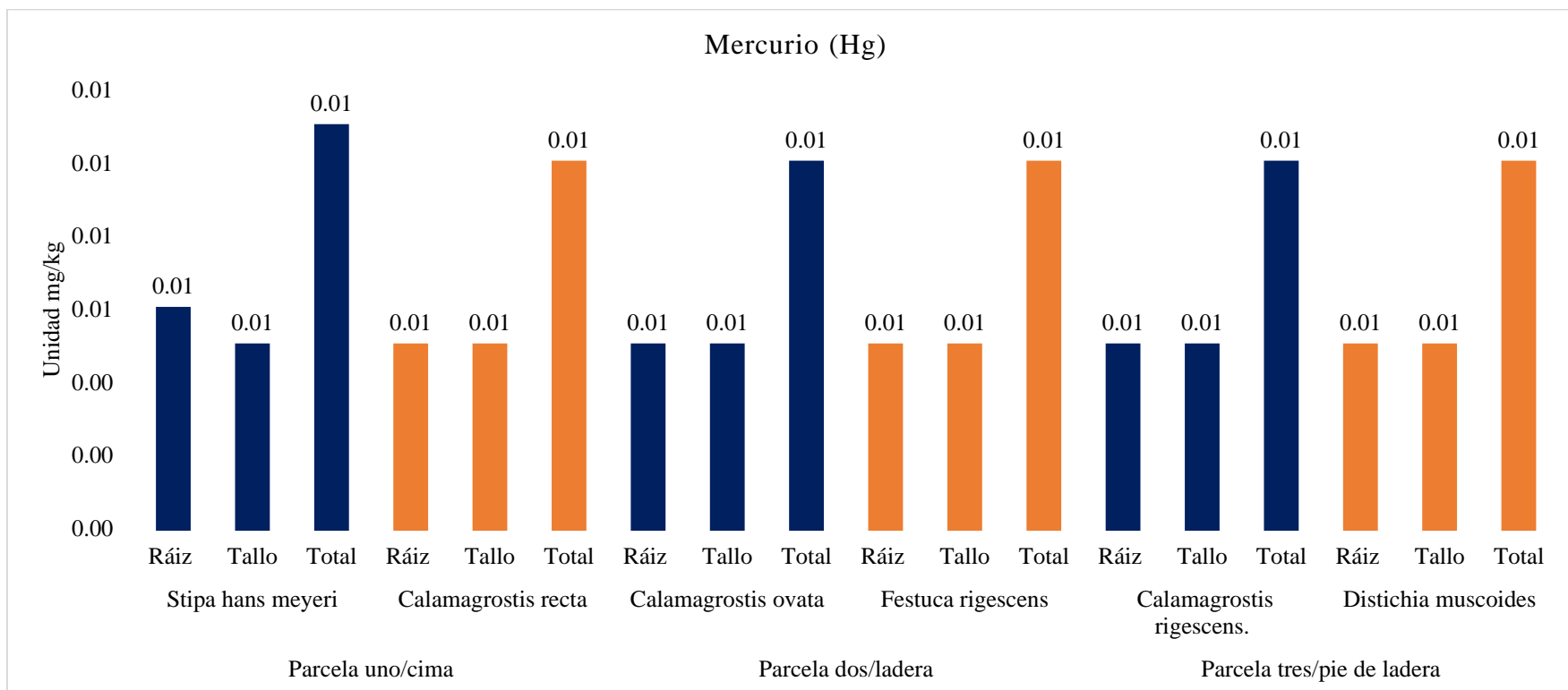


Figura 12. Concentración de mercurio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

No obstante, ninguna de las especies vegetales tiene la capacidad de inmovilizar o transportar mercurio a través de sus raíces o tallos, aunque también se podría afirmar que tienen resistencia al metal. La especie vegetal *Senecio rudbeckiaefolius* asimiló mercurio en su raíz es de 0.1 mg/kg y en el tallo es de 0.1 mg/kg, según lo reportado Papuico en (2018). La concentración más elevada fue atribuida a la especie herbácea *Paspalum bonplandianum*, quien posee la habilidad de metabolizar el metal en la raíz con una concentración de 0.3 mg/kg, tal y como ha reportado Dávila y Villegas en (2018).

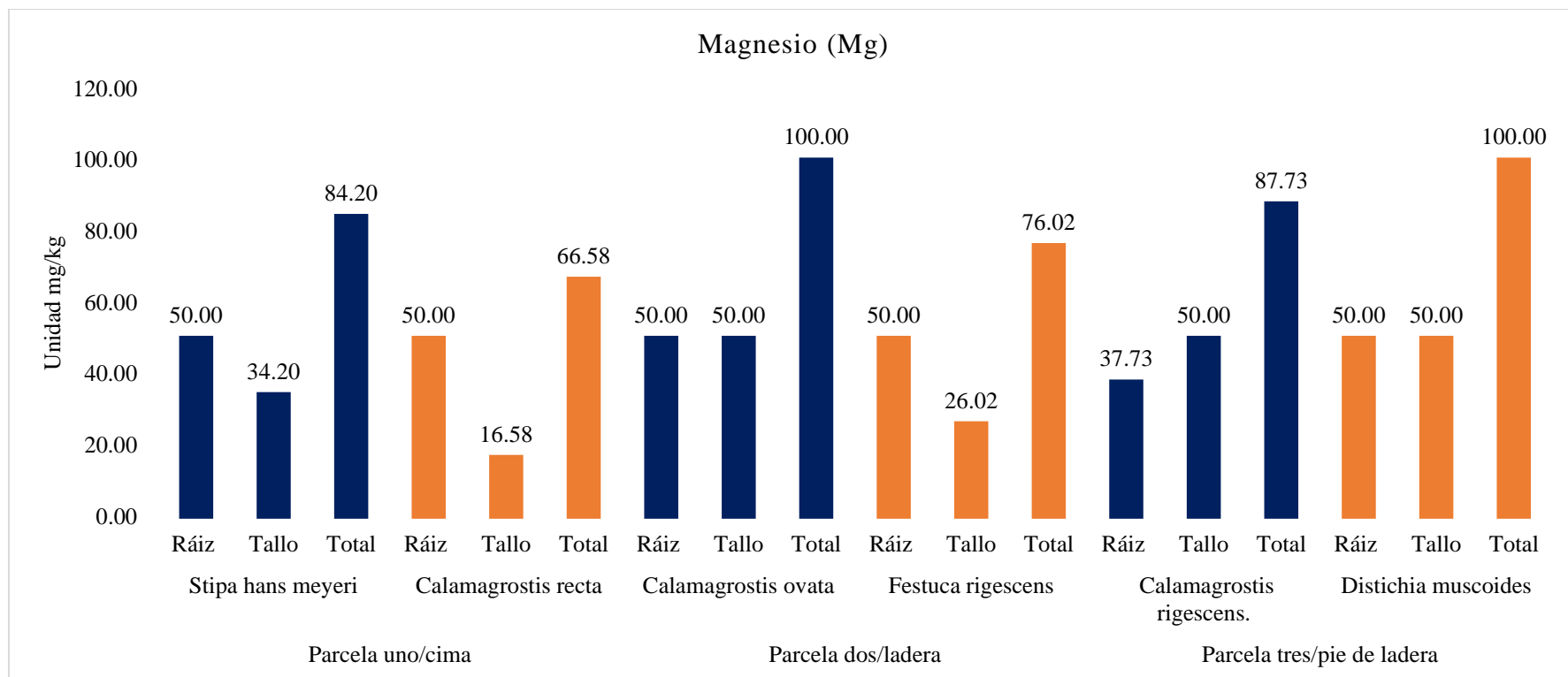


Figura 13. Concentración de magnesio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración máxima de magnesio obtenido por la especie *Calamagrostis ovata* y *Distichia muscoides* es de 100 mg/kg, lo cual indica una acumulación del metal en la raíz y el tallo es de 50 mg/kg. Se ha registrado un valor obtenido por la especie vegetal *Senecio rudbeckiaefolius* en la raíz con 0.2 mg/kg y el tallo con 0.3 mg/kg y también transporte a las partes aéreas en las que se volatilizo el metal magnesio según Papuico (2018). La concentración más elevada fue atribuida a la especie herbácea *Calamagrostis tarmensis*, la cual tiene la capacidad de adsorber el metal en la raíz de 125 mg/kg, mientras que el tallo de 406 mg/kg fue registrado por Dávila y Villegas (2018).

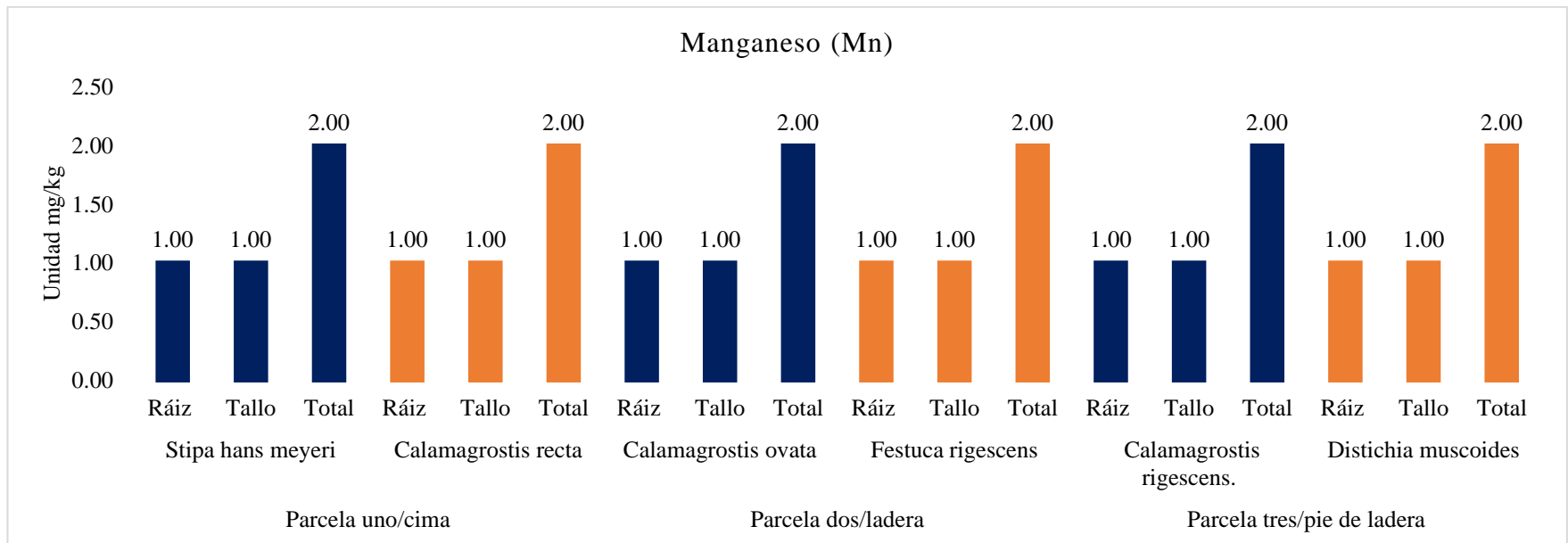


Figura 14. Concentración de manganeso (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración más elevada de manganeso se encuentra en la especie vegetal *Distichia muscoides*, *Calamagrostis rigescens*, *Stipa hans meyeri*, *Festuca rigescens*, *Calamagrostis ovata* y *Calamagrostis recta*. La asimilación del metal en la raíz es de 1 mg/kg y el tallo es de 1 mg/kg. Además, el valor reportado de la especie vegetal *Distichia muscoides* almaceno en la parte aérea con 19.1 mg/kg y en la raíz con 12.8 mg/kg también indica inmovilización del contaminante en la raíz Otoya M, (2023). Asimismo, se ha demostrado que la especie *Helianthus annuus L.* acumuló el metal en la raíz con 95.8 mg/kg y el tallo con 30.7 mg/kg, según lo reportado por Peña y Beltrán (2022). La concentración más alta fue de la especie *Calamagrostis tarmensis*, que tiene la capacidad de metabolizar el metal en la raíz 74.4 mg/kg, mientras que el tallo con 515.6 mg/kg mostró una alta fitoacumulacion del metal en el tallo según, Dávila y Villegas (2018).

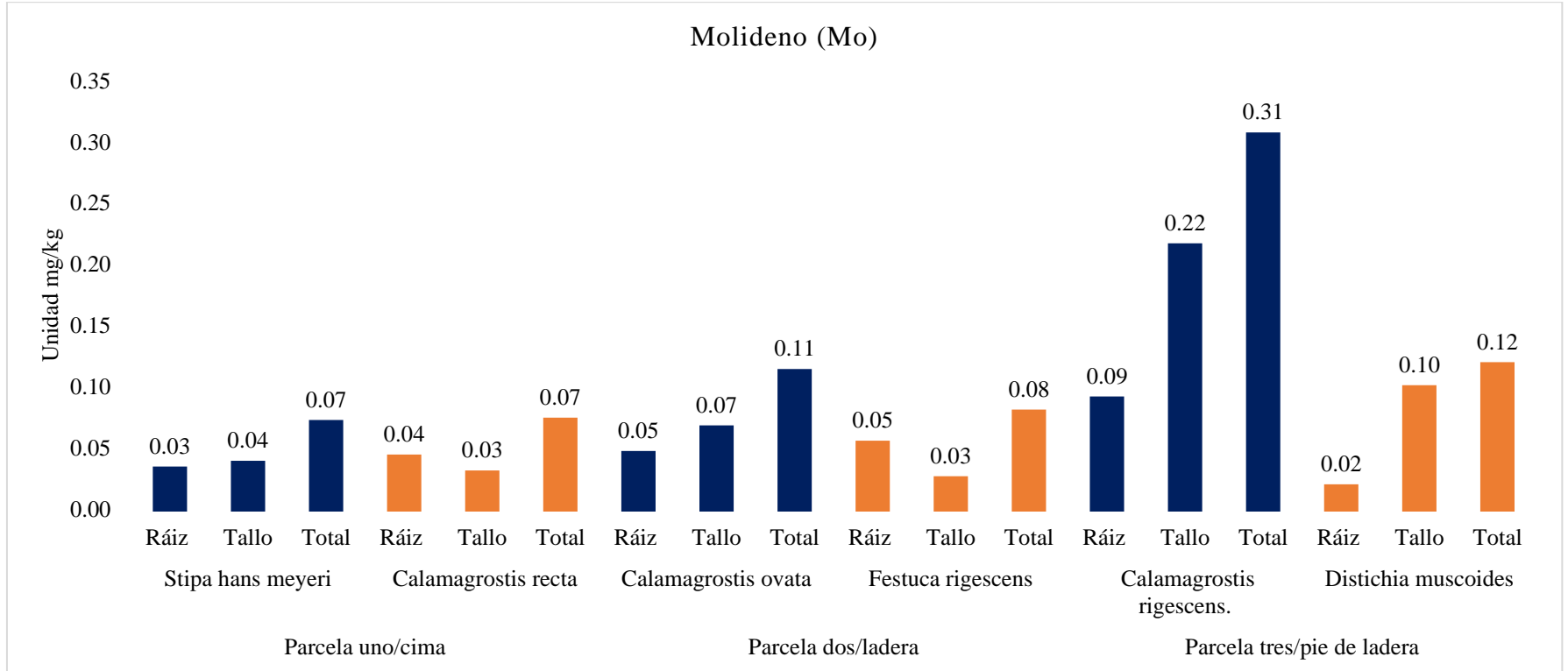


Figura 15. Concentración de molibdeno (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración más elevada de molibdeno se encuentra en la especie vegetal *Calamagrostis rigescens* con 0.31 mg/kg, lo cual evidenció un incremento en la acumulación del metal en la parte aérea con 0.2 mg/kg. Asimismo, el valor registrado de la especie vegetal *Senecio rudbeckiaefolius*, almaceno en la raíz de 0.2 mg/kg y en el tallo de 0.3 mg/kg, evidencia que la especie vegetal acumula el metal contaminante a través de sus raíces y lo almacena en sus tallos, como se ha reportado por Papuico (2018).

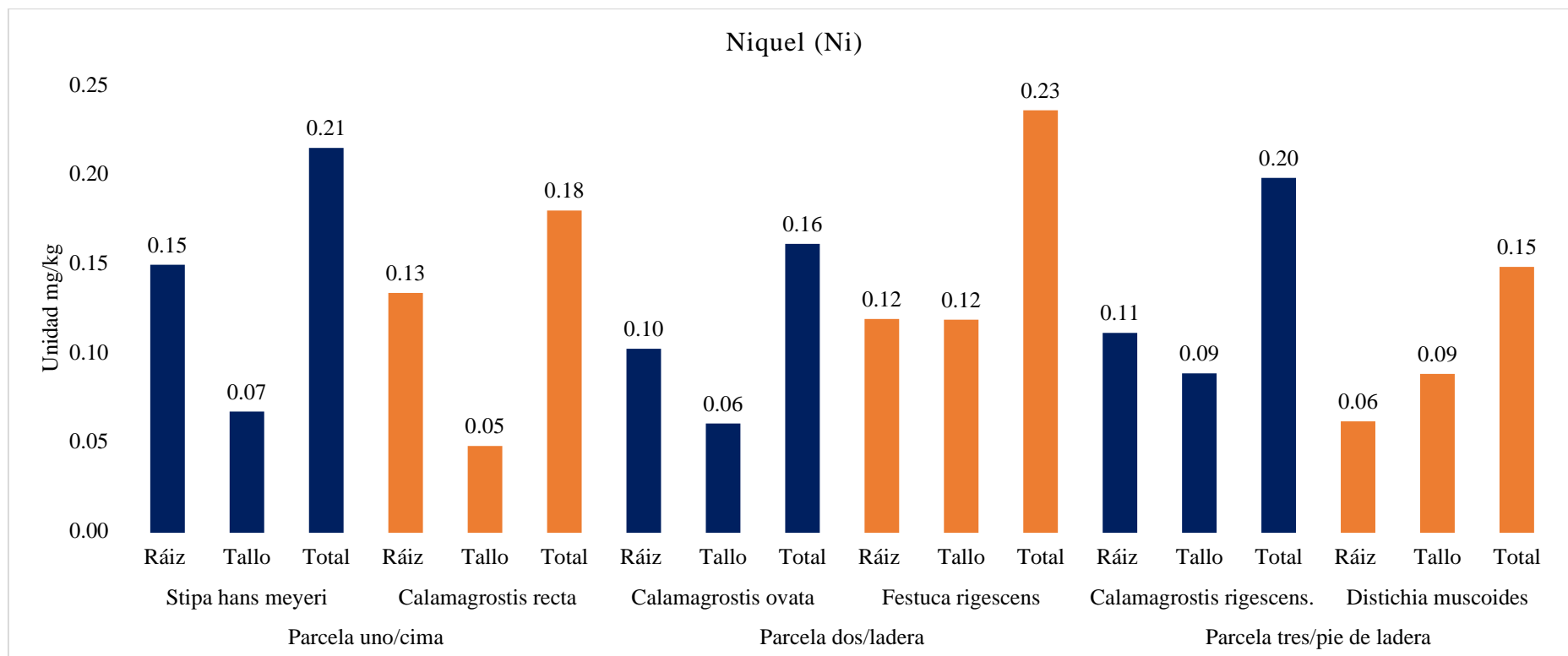


Figura 16. Concentración de níquel (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración más elevada de níquel se registró en la especie vegetal *Festuca rigescens* con 0.23 mg/kg, lo cual evidenció una acumulación del metal en mg/kg en la raíz con (0.12) y la parte aérea con (0.07) y también la especie vegetal *Stipa hans meyeri* almaceno el metal en la raíz es de (0.15). Asimismo, el valor obtenido en la raíz es de 11.8 mg/kg y el tallo es de 6.5 mg/kg del *Baccharis sp.* el cual mostró una leve translocación desde la raíz hacia el tallo, según Arpasi (2019). Según Dávila y Villegas (2018), la mayor concentración perteneció a la especie *Calamagrostis tarmensis*, la cual metabolizó el metal en la raíz es de 74.4 mg/kg y el tallo es de 515.6 mg/kg.

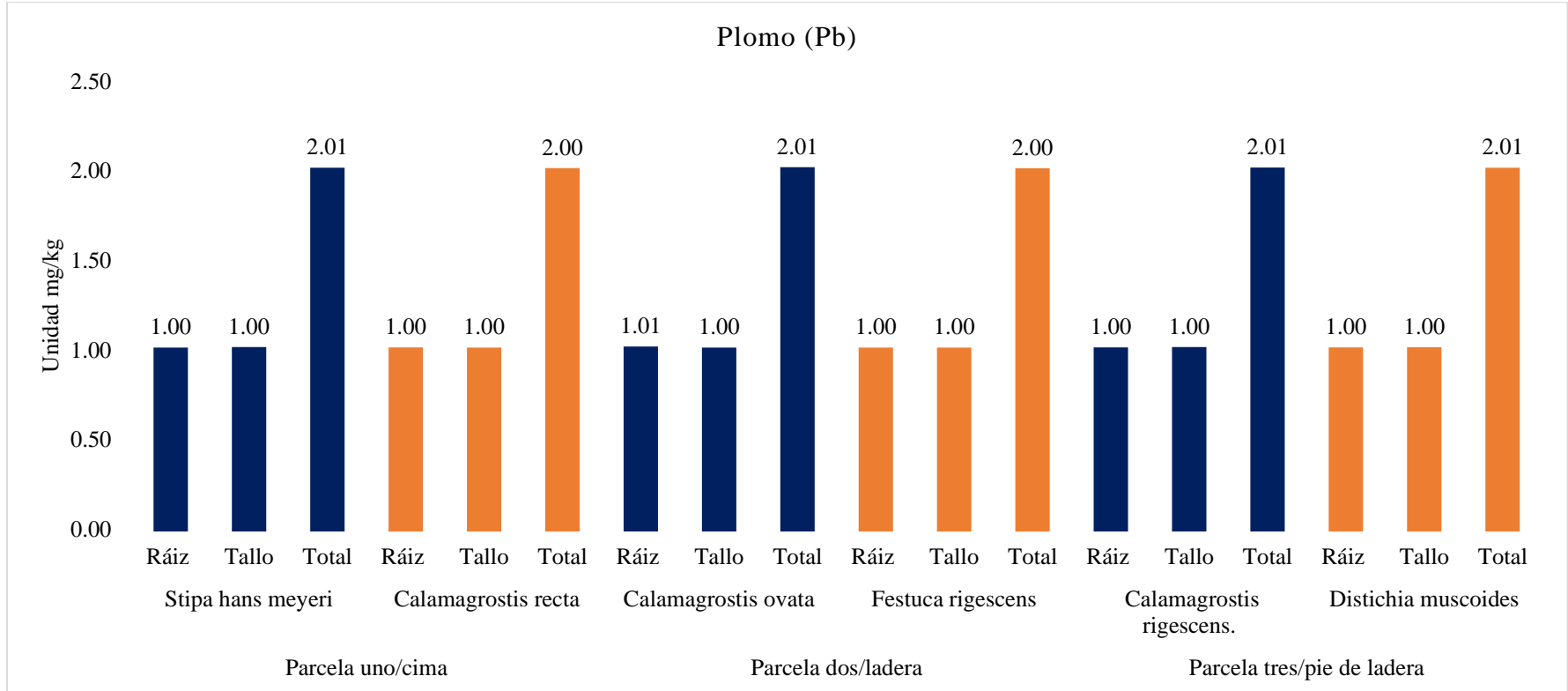


Figura 17. Concentración de plomo (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La mayor concentración de plomo se originó en las especies vegetales *Stipa hans meyeri*, *Calamagrostis recta*, *Calamagrostis ovata*, *Festuca rigescens* *Calamagrostis rigescens* *Distichia. Muscoides*, las cuales acumularon metales en la raíz y el tallo con 1 mg/kg. La concentración acumulada en la parte aérea es de 21.8 mg/kg y en la raíz es de 50.8 mg/kg del *Distichia muscoides*, según Otoyá (2023). Se ha comprobado que el *Baccharis sp.* asimiló metal mg/kg en su raíz (7.1) y el tallo (3.9), Arpasi (2019). La concentración más elevada del metal en la parte aérea es de 38.1 mg/kg y en la raíz es de 300.6 mg/kg del *Calamagrostis recta*, según Corpus (2018).

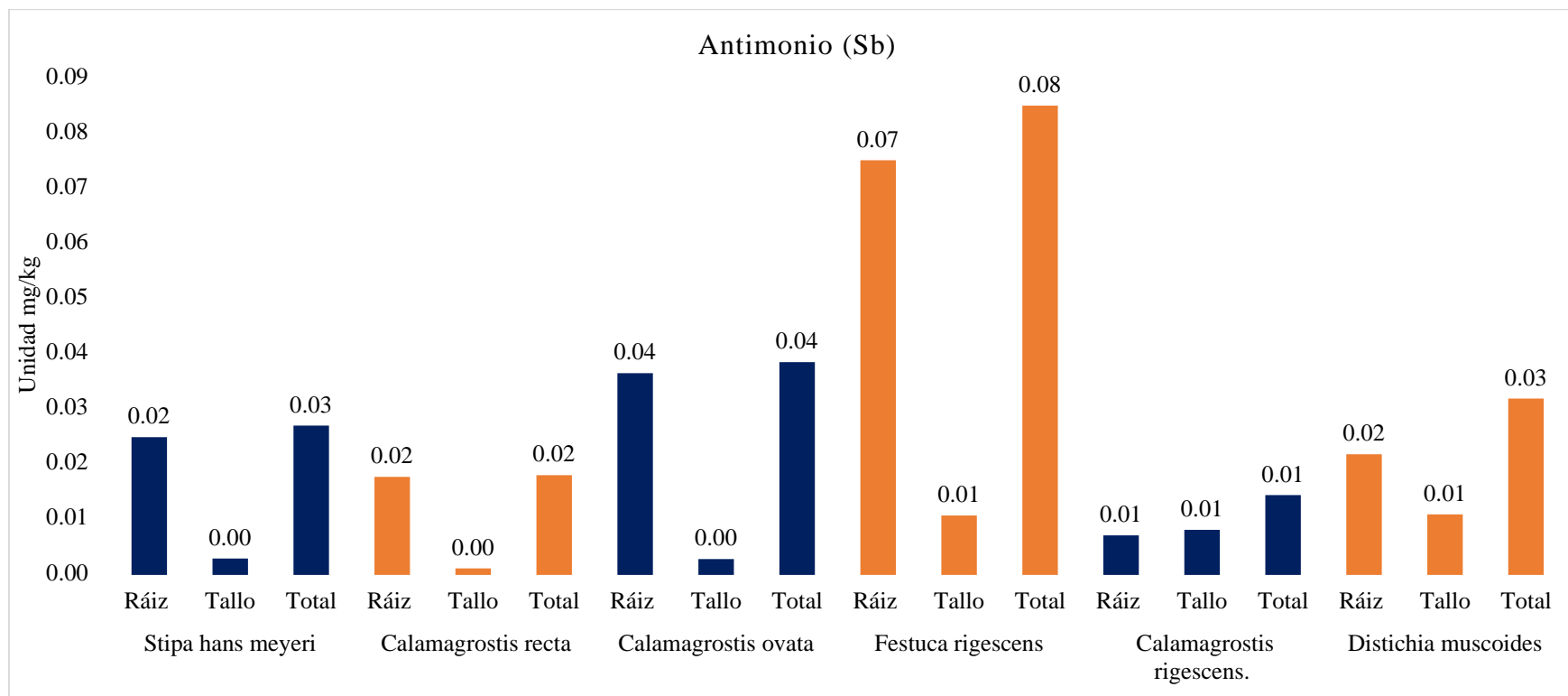


Figura 18. Concentración de antimonio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración más alta de antimonio perteneció a la especie vegetal a *Festuca rigescens* con 0.08 mg/kg, y mostró un valor limitado en la raíz con 0.07 mg/kg, seguida del valor acumulado en la raíz con 0.04 mg/kg del *Calamagrostis ovata*. Asimismo, el valor encontrado en la parte aérea con 12 mg/kg y la raíz 0.6 con mg/kg del *Senecio rudbeckiaefolius*, también demuestra que la especie translocó el metal de la raíz hacia la parte aérea según Papuico (2018). No obstante, otras investigaciones revelaron que la raíz 5.8 mg/kg y parte aérea 0.3 mg/kg del *Calamagrostis tarmensis* que se han reportado por Dávila y Villegas (2018). Pero se han encontrado valores máximos en la raíz 87 mg/kg del *Juncus articus Willd*, según lo reportado por Medina y Montano (2014).

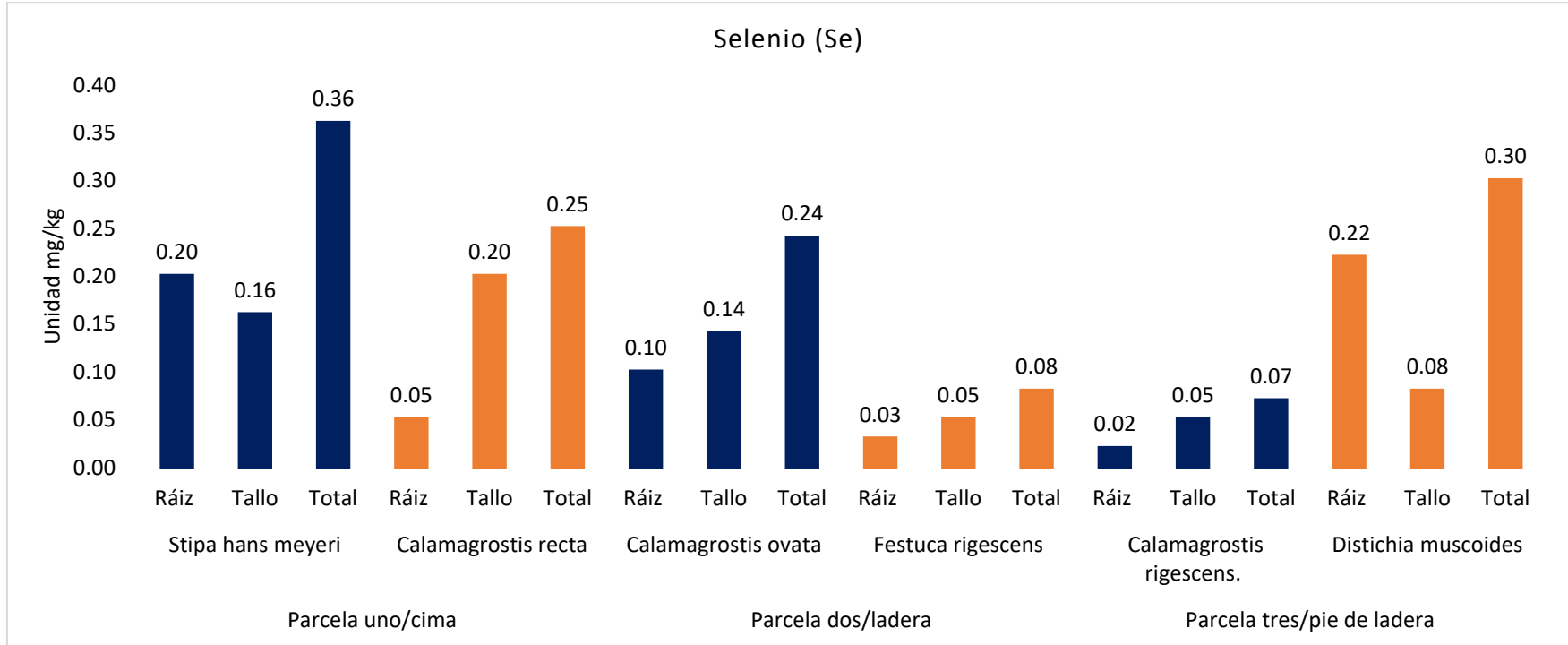


Figura 19. Concentración de selenio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración máxima de selenio se originó en la especie vegetal *Stipa hans meyeri*, con 0.30 mg/kg. El metal se acumula en la raíz con una concentración de 0.2 mg/kg, mientras en la parte aérea es de 0.1 mg/kg, seguidamente la especie vegetal *Distichia muscoides* acumuló en su raíz a una concentración de 0.2 mg/kg y parte aérea a una concentración de 0.08 mg/kg. La especie *Senecio rudbeckiaefolius* asimiló metales mg/kg en la parte aérea (0.2) y la raíz (0.3). No obstante, la especie vegetal reportada presenta un tipo de fitoestabilización, ya que se inmoviliza el contaminante en el suelo a través de su absorción y acumulación en las raíces el metal de selenio Papuico (2018).

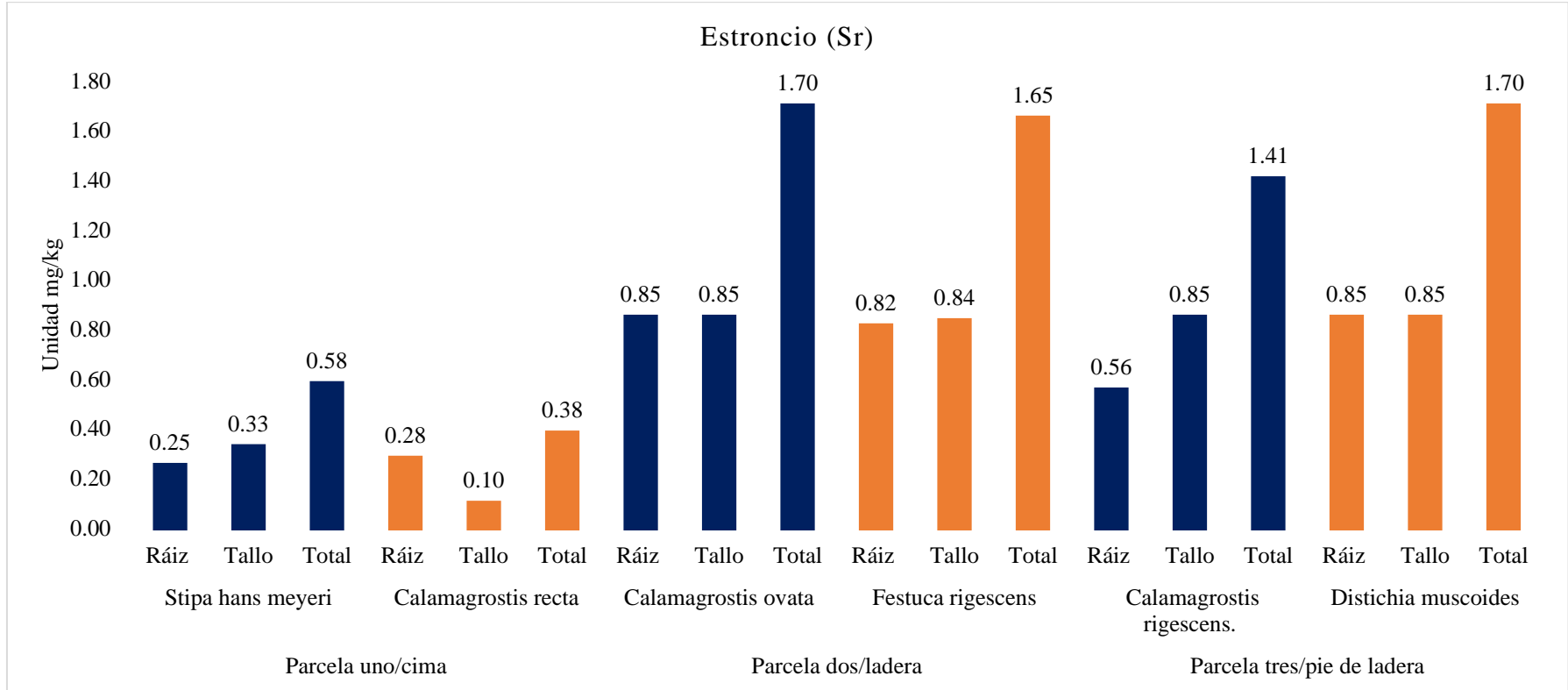


Figura 20. Concentración de estroncio (mg/kg) en las especies vegetal altoandinas

La concentración de estroncio más elevada fue atribuida a la especie vegetal *Distichia muscoides*, con una concentración de 1.70 mg/kg, seguida de la especie *Calamagrostis ovata*, con una concentración de 1.70 mg/kg. Este metal se acumula en mg/kg en la raíz, y en la parte aérea, con un valor de 0.85. La especie vegetal *Senecio rudbeckiaefolius* asimilo metales en mg/kg en la parte aérea 11.1 y la raíz 15.9 reportado por Papuico (2018). No obstante, otros valores obtenidos en la flora herbácea *Calamagrostis tarmensis* en la raíz almaceno metales en mg/kg con (2.3) y parte aérea (1.4), según Dávila y Villegas (2018). Asimismo, se puede afirmar que estas especies vegetales son de tipo fitoestabilización.

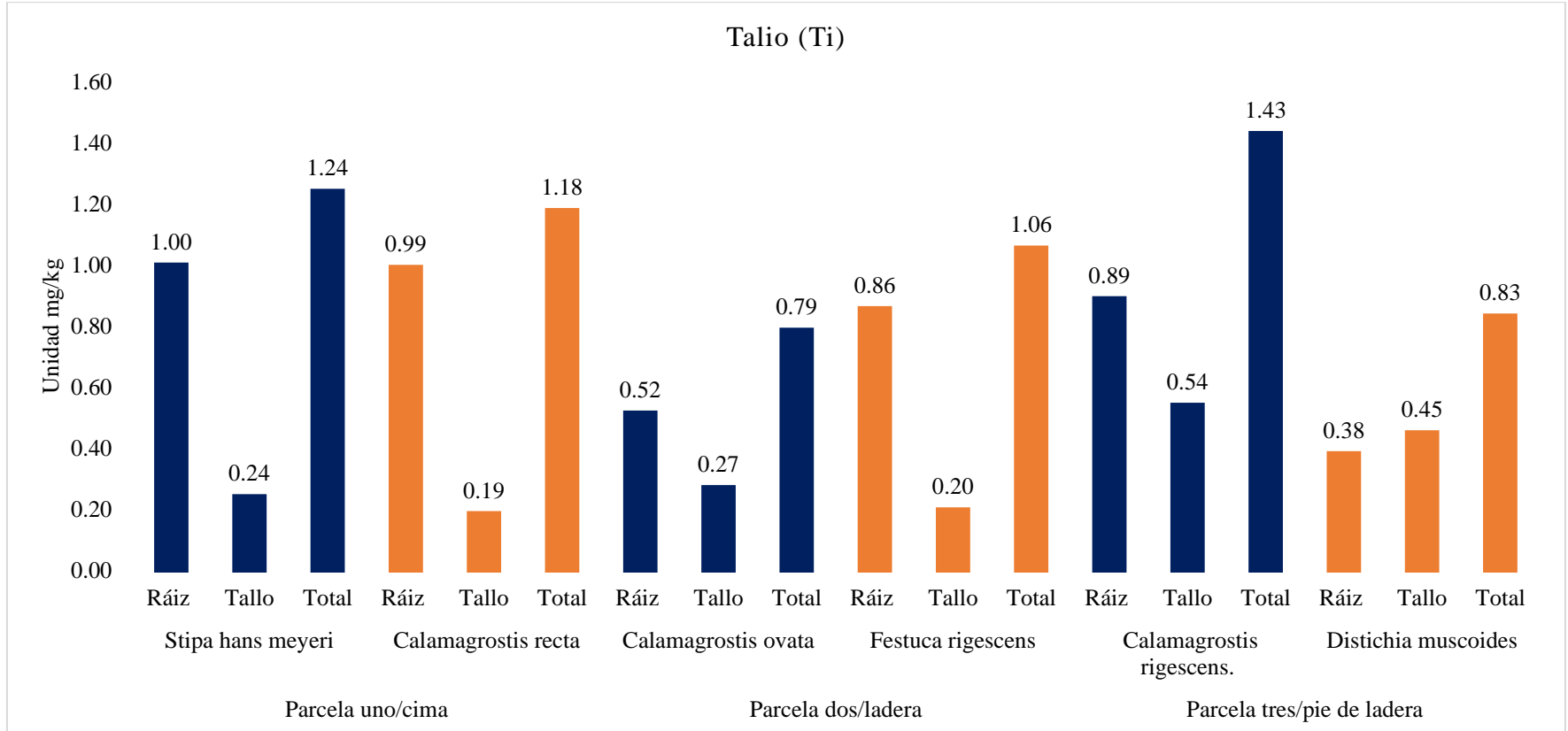


Figura 21. Concentración de titanio (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

Se encontró la concentración más elevada de titanio en la especie vegetal *Calamagrostis rigescens* con 1.43 mg/kg, lo cual adquirió metales mg/kg en la raíz 0.89 y la parte aérea 0.54 Asimismo, se ha dado cuenta de que la especie vegetal *Senecio rudbeckiaefolius* inmovilizo metales en kg/kg en la raíz 111.9 y parte aérea 32.8, esta vegetación es de tipo de fitoestabilización debido a que el contaminante lo adsorbe y acumula en las raíces reportado por Papuico (2018).

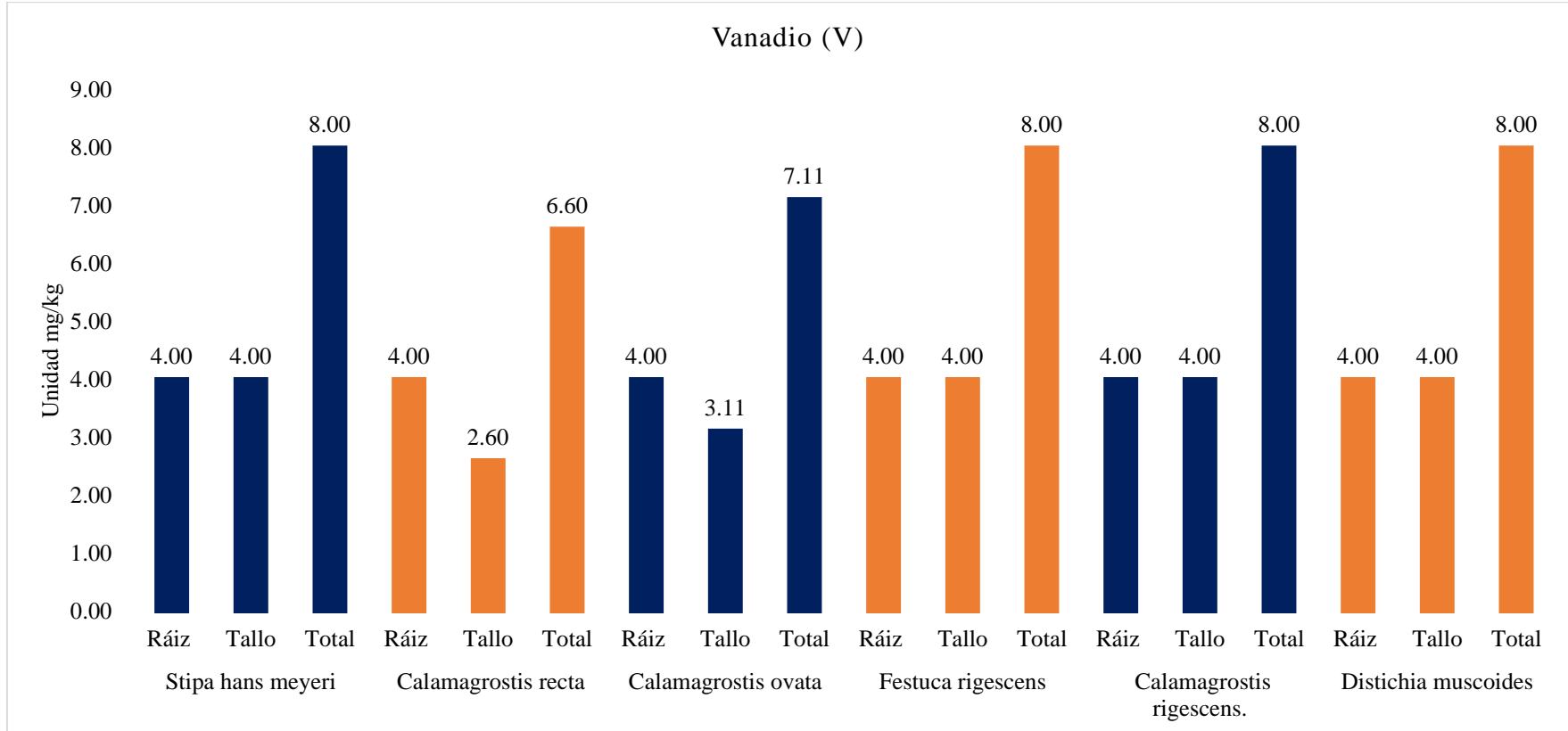


Figura 22. Concentración de vanadio (mg/kg) en las especies vegetal altoandinas

La concentración máxima de vanadio se originó en la especie vegetal *Festuca rigescens* con una concentración de 0.37 mg/kg, mientras que en la raíz almacenó es de 0.33 mg/kg. Además, la especie vegetal *Senecio rudbeckiaefolius* almaceno metales en la parte aérea es de 11.06 mg/kg y en la raíz es de 2.08 mg/kg. Esta especie se clasifica como fitoestabilizadora para el metal de vanadio debido a que puede eliminar el contaminante del suelo mediante su absorción y acumulación en las raíces, lo cual se ha reportado por Papuico (2018).

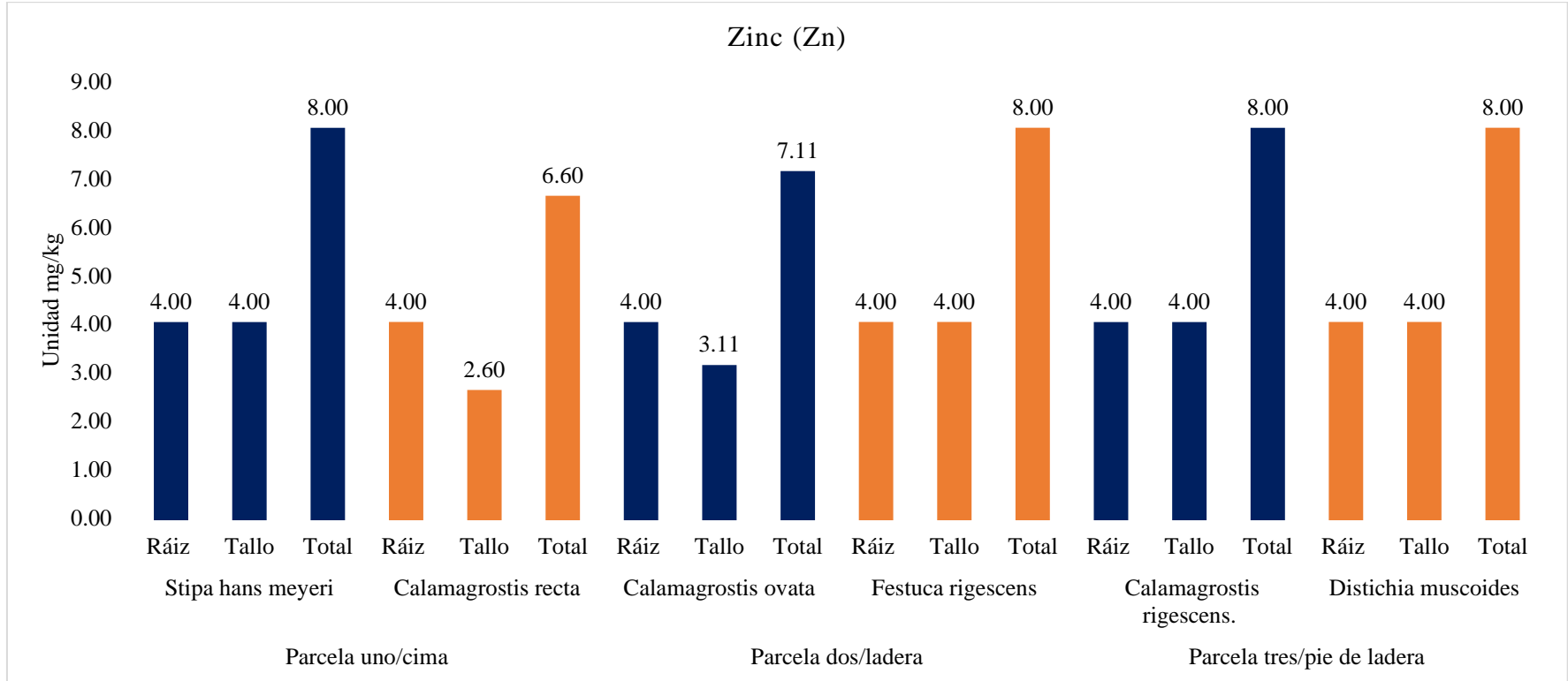


Figura 23. Concentración de zinc (mg/kg) en las especies vegetales altoandinas

La concentración más elevada de zinc perteneció a la especie vegetal *Distichia muscoides* con 8.00 mg/kg, el cual tuvo un valor máximo en la raíz con 4.0 mg/kg. Asimismo, se ha obtenido valores máximos en la parte aérea que es de 6.5 mg/kg y en la raíz es de 5.6 mg/kg del *Distichia muscoides*, según Otoya y Fernández. (2023). De igual manera, el valor obtenido en la raíz es de 8.9 mg/kg y en el tallo es de 6.6 mg/kg del *Stipa ichu*, según Romero y Bravo (2021). Mientras tanto, los valores obtenidos en la raíz fueron superiores a 42 mg/kg y la parte aérea fueron de 36 mg/kg del *Baccharis sp* evaluado por Arpasi (2019). La mayor concentración de zinc se encontró en la parte aérea 151.6 mg/kg y en la raíz 60.6 mg/kg del *Calamagrostis recta* reportado por Corpus (2018).

3.2.2. Factor de translocación y factor de bioconcentración

Tabla 8

Valor del factor de bioconcentración - FBC

Metales (mg/kg)	<i>S. hans meyeri</i>	<i>Calamagrostis recta</i>	<i>Calamagrostis ovata</i>	<i>Festuca rigescens</i>	<i>Calamagrostis rigescens</i>	<i>Distichia muscoides</i>
Plata (Ag)	0.009	0.013	0.001	0	0	0
Aluminio (Al)	0.005	0.004	0.003	0.005	0.009	0.002
Arsénico (As)	0.003	0.002	0.002	0.006	0.002	0.002
Cadmio (Cd)	0.208	0.094	0.671	2.494	0.018	0.017
Cobalto (Co)	0.028	0.013	0.006	0.017	0.009	0.002
Cromo (Cr)	0.02	0.02	0.011	0.014	0.009	0.008
Cobre (Cu)	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003
Hierro (Fe)	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
Mercurio (Hg)	0.008	0.008	0.031	0.031	0.031	0.031
Magnesio (Mg)	0.023	0.023	0.011	0.011	0.016	0.021
Manganeso Mn	0	0	0	0	0	0
Moliendo (Mo)	0.007	0.009	0.012	0.014	0.026	0.005
Níquel (Ni)	0.06	0.053	0.027	0.031	0.031	0.017
Plomo (Pb)	0	0	0	0	0	0
Antimonio (Sb)	0.003	0.002	0.003	0.007	0.001	0.003
Selenio (Se)	0.074	0.155	0.316	0.094	0.055	0.716
Estroncio (Sr)	0.009	0.01	0.018	0.017	0.018	0.028
Titanio (Ti)	3.229	3.202	1.663	2.766	2.871	1.233
Vanadio (V)	0.005	0.003	0.002	0.006	0.004	0.002
Zinc (Zn)	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001

El potencial fitorremediador de una especie vegetal puede ser mediante el factor de bioconcentración BCF, el cual permite determinar si la especie vegetal es fitoestabilizadora Jara Peña (2017). La fitoestabilización es la capacidad de reducir la translocación del metal de la raíz a la parte aérea Ghazaryan *et al* (2019). Si el factor de bioconcentración BCF, se obtiene mayor a uno, significa que tienen potencial según lo reportado por Cruzado *et al.* (2021).

En consecuencia, se evidencio que el factor de bioconcentracion es superior a uno para las especies vegetales, tales como la *Calamagrostis ovata* con un valor de (1.6), *Festuca rigescens* (2.7), *Calamagrostis rigescens* (2.8), y *Distichia muscoides* (2.8) para el metal de titanio. Lo cual nos permite que tiene una buena relación entre la raíz y el suelo. Sin embargo, solo las especies vegetales como la *Stipa hans meyeri* y *Calamagrostis recta* tenía valores máximos de factor de bioconcentracion que es de (3.2) y (3.2), lo cual sugiere que es una fitoestabilizadora.

En otra investigación, se ha reportado que la especie herbácea *Calamagrostis tarmensis* sería empleada como extractora de Mg y Mn, ya que el BCF es de 1.36 y 4.9, lo cual indica una buena conexión entre la raíz y el suelo, según Davila y Villegas (2018).

Tabla 9

Valor del factor de translocación – FT

Metales (mg/kg)	<i>S. hans meyeri</i>	<i>Calamagrostis recta</i>	<i>Calamagrostis ovata</i>	<i>Festuca rigescens</i>	<i>Calamagrostis rigescens</i>	<i>Distichia muscoides</i>
Plata (Ag)	0.005	0.003	0.005	5.304	1	1
Aluminio (Al)	0.076	0.042	0.075	0.174	0.807	3.404
Arsénico (As)	0.292	0.319	0.391	0.208	0.931	1.024
Cadmio (Cd)	0.023	0.038	0.058	0.077	0.62	0.548
Cobalto (Co)	0.03	0.033	0.053	0.085	0.675	5.317
Cromo (Cr)	0.592	1.29	0.757	1.978	1.667	1.354
Cobre (Cu)	1	1	1	1	1	1
Hierro (Fe)	0.221	0.121	0.17	0.752	1	1.02
Mercurio (Hg)	1	1	1	1	1	1
Magnesio (Mg)	0.684	0.332	1	0.52	1.325	1
Manganeso (Mn)	1	1	1	1	1	1
Moliendo (Mo)	1.141	0.698	1.454	0.467	2.381	5.303
Níquel (Ni)	0.443	0.35	0.584	0.997	0.793	1.443
Plomo (Pb)	1	1	1	1	1	1
Antimonio (Sb)	0.087	0.018	0.056	0.133	1.159	0.481
Selenio (Se)	6.739	0.375	1.378	1.759	2.941	0.374
Estroncio (Sr)	1.297	0.358	1	1.026	1.526	1
Titanio (Ti)	0.241	0.188	0.526	0.231	0.608	1.179
Vanadio (V)	0.176	0.278	0.336	0.133	0.743	2.306
Zinc (Zn)	1	0.65	0.778	1	1	1

El potencial de fitorremediación de una especie vegetal se puede estimar mediante el factor de translocación TF, el cual posibilita la identificación de si la especie vegetal es de fitoextracción, según Jara Peña (2017). La fitoextracción es la capacidad para transportar metal desde las raíces a los brotes, probablemente debido a sistemas eficaces de transporte de metales y a la retención de metales en las vacuolas de las hojas; Ghazaryan et al (2019). Si es más elevado a uno indica que tiene capacidad de transportar metal desde las raíces hasta los brotes Cruzado *et al.* (2021).

Las especies vegetales evidenciaron que el factor de translocación es mayor a uno para las siguientes especies como *Stipa hans meyeri* es de (1.2) para el Sr, *Calamagrostis recta* es de (1.3) para Cr, *Calamagrostis ovata* es de (1.4) y (1.3) para Mo y Se, *Festuca rigescens* es de (1.9) y (1.7) para Cr y Se, *Calamagrostis rigescens* es de (1.6), (1.5) y (1.5) para Cr, Sr y Mg, y *Distichia muscoides* es de (1.4), (1.3) y (1.1) para Ni, Cr y Ti.

Durante la evaluación, se halló un valor máximo del factor de translocación para las especies *S. hans meyeri* (6.7) para Se, *F. rigescens* (5.3) para Ag, *C. rigescens* (2.3) y (2.9) para Mo y Se, *D. muscoides* (3.4), (5.3), (5.3) y (2.3) para Al, Co, Mo y V, lo cual significa que las especies vegetales tienen la capacidad de transportar metales de las raíces a su parte aérea, es decir son especies fitoextractoras según que Davila y Villegas (2018).

3.3. Determinación de la concentración de metales pesados en el suelo contaminado

Se presentan los resultados del análisis de suelo contaminado por pasivo ambiental minero, los cuales fueron analizados de las mismas parcelas de muestreo establecidas para las especies vegetales altoandinas a través de la guía muestreo nivel de fondo, según (MINAM, 2014). Dichas muestras se analizaron en el laboratorio Analítico del Sur, al igual que (Calla Y, 2021).

Tabla 10*Concentración de metales pesados en el suelo contaminado y suelo no contaminado*

Metales (mg/kg)	Suelo uno	Suelo dos	Suelo tres
Plata (Ag)	5.56	33.66	24.75
Aluminio (Al)	>10 000	>10 000	5 452
Arsénico (As)	30.68	27.92	25.29
Cadmio (Cd)	2.644	0.167	3.65
Cobalto (Co)	4.97	12.12	10
Cromo (Cr)	12.67	21.25	23.04
Cobre (Cu)	276.6	377.1	254.1
Hierro (Fe)	>10 000	>10 000	>10 000
Mercurio (Hg)	0.66	<0.16	<0.16
Magnesio (Mg)	2 174	4 394	2 366
Manganeso (Mn)	2 245	10 000	9 126
Molibdeno (Mo)	4.91	3.82	3.54
Níquel (Ni)	2.48	3.73	3.49
Plomo (Pb)	4 208	5 034	6 651
Antimonio (Sb)	8.06	11.16	7.89
Selenio (Se)	<0.32	<0.32	<0.32
Estroncio (Sr)	27.48	46.75	30.41
Talio (Tl)	<0.32	<0.32	<0.32
Vanadio (V)	42.52	51.97	40.47
Zinc (Zn)	1 392	2 065	2 857

La concentración de metales en el suelo tales como el aluminio, oscila entre (5452 a 10000 mg/kg), siendo el máximo valor en la parcela dos según la tabla. Asimismo, la concentración del hierro es de 10000 mg/kg. El valor obtenido para el arsénico está entre (25.2 y 30.6 mg/kg): Sin embargo, el arsénico sobrepasó el límite comparado con los Estándares de Calidad Ambiental para suelos agrícolas Nacionales, DS N° 011-2017 MINAM, siendo el valor de Medina y Montano (2014), investigación desarrollada en Áncash, el más elevado con 6 000 mg/kg, siendo 50 mg/kg el valor permitido por el ECA. El máximo valor se reportó en la parcela dos. No obstante, el valor de zinc se encuentra entre (1392 a 2857 mg/kg).

Se registro el valor máximo en la parcela tres, donde el valor obtenido para el plomo está entre (4208 a 6651 mg/kg), sin embargo, el plomo sobrepasó el límite comparado con los Estándares de Calidad Ambiental para suelos agrícolas Nacionales, DS N° 011-2017 MINAM, siendo el valor según Durán (2010) esta investigación se desarrolló en Barcelona, el más alto con 11 717 mg/kg. siendo 70 mg/kg, el valor máximo permitido por los ECA. También el valor obtenido para el

cobre se encuentra entre (254.1 a 377.1 mg/kg). El valor obtenido para el manganeso oscila entre (2245 a 10000 mg/kg). No obstante, el pH del suelo de la parcela uno y tres es ácido y se encuentran a (6.4 - 5.6), mientras que el pH del suelo de la parcela dos es básico a (7.3).

3.3.1. Concentración de metales en suelos contaminando por pasivo ambiental minero

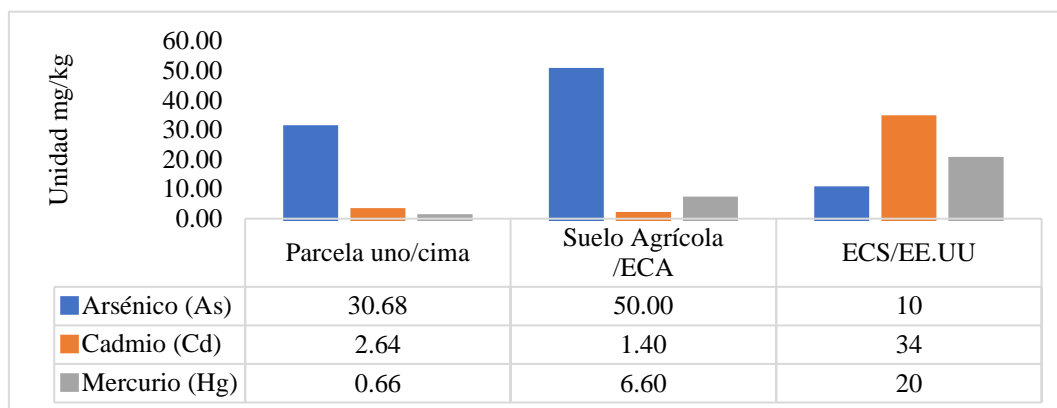


Figura 24. Comparación entre la norma ECA/peruana y ECS/americana en relación a metales pesados de parcela I

La concentración de As y Hg no excede el límite del estándar de calidad ambiental establecido en la normativa peruana. La concentración de As en la norma americana es superior a 10 mg/kg. La investigación de Bazán y Rojas (2018) presento elevada concentración de As con 433 mg/kg siendo de 50 mg/kg el máximo permitido por los ECA; la concentración de Cd es de 2.64 mg/kg. La investigación llevada a cabo por Jara Peña *et al*, (2014) presentó la mayor concentración de Cd con 48,1 mg/kg, siendo de 1.4 mg/kg el máximo permitido por los ECA.

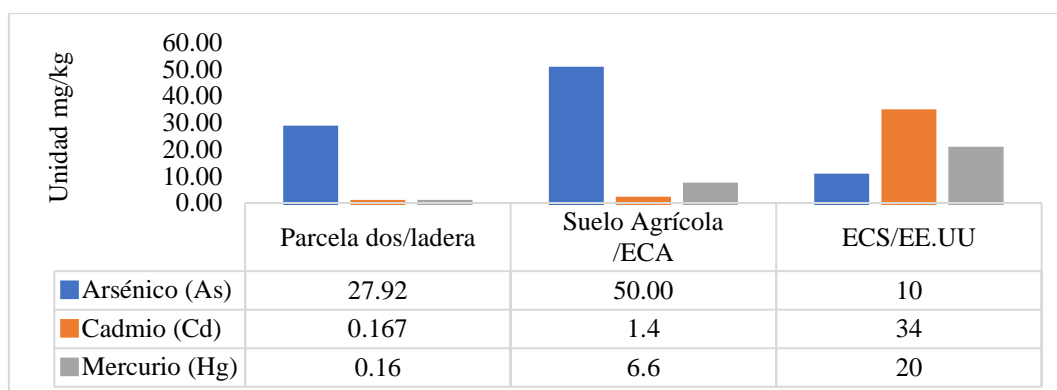


Figura 25. Comparación entre la norma ECA/peruana y ECS/americana en relación a metales pesados de parcela II

La concentración de As, Cd y Hg no excede el límite superior del estándar de calidad ambiental establecido por la normativa peruana. La concentración de As en la norma americana es superior a 10 mg/kg. La concentración de As en el suelo es de 27.9 mg/kg. La investigación de Davila y Villegas (2018) presentó la mayor concentración de As con 885 mg/kg, siendo 50 mg/kg el valor permitido por los ECA.

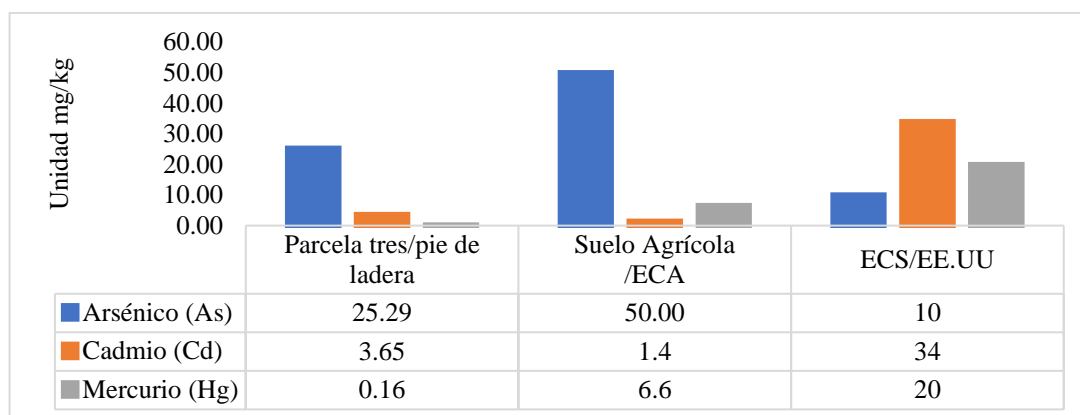


Figura 26: Comparación entre la norma ECA/peruana y ECS/americana en relación a metales pesados de parcela III

La concentración de As y Hg no excede al límite máximo permitido del estándar de calidad ambiental establecido por la normativa peruana. La concentración de As en la norma americana es superior a 10 mg/kg. La concentración de Cd es de 3,65 mg/kg, superior al límite. La investigación en Arequipa realizada por Paredes (2015) presentó la mayor concentración de Cd con 36.5 mg/kg, por otro lado, en los suelos evaluados por Ríos (2017) en Lima se encuentran una concentración menor de 2.2 mg/kg: siendo 1.4 mg/kg es el valor máximo admitido.

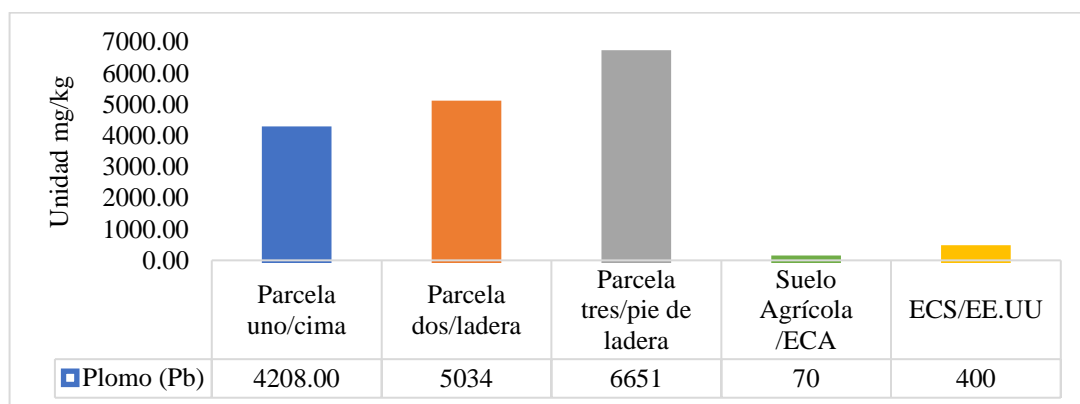


Figura 27: Comparación entre la norma ECA/peruana y ECS/americana en relación a metales pesados de parcela I,II,III.

La concentración de Pb sobrepasó en las parcelas uno, dos y tres es de (4 208, 5 034 y 6651 mg/kg); comparado con los Estándares de Calidad Ambiental para suelos agrícolas Nacionales siendo de 70 mg/kg es el valor máximo admitido. La concentración de Pb en la norma americana es muy superior a 400 mg/kg. La investigación en Barcelona realizada por Durán (2010) presentó la mayor concentración de Pb con 11 717 mg/kg, por otro lado, en los suelos evaluados por Paredes (2015) en Arequipa se encuentran una concentración menor de 2 934 mg/kg: siendo 70 mg/kg es el valor máximo admitido.

3.3.2. Correlación de las concentraciones de metales entre las especies vegetales y el suelo.

Aunque no es el objetivo determinar la relación entre la concentración de metales en la especie vegetal y el suelo contaminando si están correlacionas entre sí.

Tabla 11

Correlación del suelo contaminado y la especie Stipa hans meyeri de la raíz

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en la raíz mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,824
	Sig. (bilateral)		0,000
	N°	20	20
Masa de metales en la raíz <i>Stha</i> mg/kg	Correlación de Pearson	0,824	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.000 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.824 lo que nos indica a una correlación alta positiva. La investigación en Ancash por Davila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la flora herbácea *Calamagrostis tarmensis* con 0.964, con una correlación directa alta positiva.

Tabla 12*Correlación del suelo contaminado y la especie Stipa hans meyeri del tallo*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en el tallo mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,464
	Sig. (bilateral)		0,039
	N°	20	20
Masa de metales en el tallo <i>Stha</i> mg/kg	Correlación de Pearson	0,464	1
	Sig. (bilateral)	0,039	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.039 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.464 lo que nos indica a una correlación moderada. Por otro lado, la investigación en Ancash por Davila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación directa alta positiva entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Calamagrostis tarmensis* con 0.964.

Tabla 13*Correlación del suelo contaminado y la especie Calamagrostis recta de la raíz*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en la raíz mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,800
	Sig. (bilateral)		0,000
	N°	20	20
Masa de metales en la raíz <i>Care</i> mg/kg	Correlación de Pearson	0,800	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.000 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.800 lo que nos indica a una correlación moderada. Sin embargo, la investigación en Ancash por Davila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Paspalum bonlandianum* con 0.981, con una correlación directa alta positiva.

Tabla 14*Correlación del suelo contaminado y la especie Calamagrostis recta del tallo*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en el tallo mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,437
	Sig. (bilateral)		,054
	N°	20	20
Masa de metales en el tallo Care mg/kg	Correlación de Pearson	0,437	1
	Sig. (bilateral)	0,054	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.054 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.437 lo que nos indica a una correlación modelada. Asimismo, por Davila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Paspalum bonlandianum* con 0.981, con una correlación directa alta positiva.

Tabla 15*Correlación del suelo contaminado y la especie Calamagrostis ovata de la raíz*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en la raíz mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,677
	Sig. (bilateral)		0,001
	N°	20	20
Masa de metales en la raíz Caov mg/kg	Correlación de Pearson	0,677	1
	Sig. (bilateral)	0,001	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.001 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.677 lo que nos indica a una correlación modelada. Por otro lado, la investigación en Ancash desarrollada por Davila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Carex pinchinensis* con 0.986, con una correlación directa alta positiva.

Tabla 16*Correlación del suelo contaminado y la especie Calamagrostis ovata del tallo*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en el tallo mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,420
	Sig. (bilateral)		0,065
	N°	20	20
Masa de metales en el tallo <i>Caov</i> mg/kg	Correlación de Pearson	0,420	1
	Sig. (bilateral)	0,065	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.065 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.420 lo que nos indica a una correlación modelada. Asimismo, en Ancash la investigación desarrollada por Davila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Carex pinchinchensis* con 0.986, con una correlación directa alta positiva.

Tabla 17*Correlación del suelo contaminado y la especie Festuca rigescens de la raíz*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en la raíz mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,721
	Sig. (bilateral)		0,000
	N°	20	20
Masa de metales pesados en la raíz <i>Feri</i> mg/kg	Correlación de Pearson	0,721	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.065 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.721 lo que nos indica a una correlación alta. Por otro lado, en Ancash la investigación realizada por Davila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Lachemilla orbiculata* con 0.742, con una correlación directa moderada positiva.

Tabla 18*Correlación del suelo contaminado y la especie Festuca rigescens en el tallo*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en el tallo mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,617
	Sig. (bilateral)		0,004
	N°	20	20
Masa de metales pesados en el tallo <i>Feri</i> mg/kg	Correlación de Pearson	0,617	1
	Sig. (bilateral)	0,004	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.004 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.617 lo que nos indica a una correlación moderada. Asimismo, en Ancash la investigación realizada por Davila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Lachemilla orbiculata* con 0.742, con una correlación directa moderada positiva.

Tabla 19*Correlación del suelo contaminado y la especie Calamagrostis rigescens de la raíz*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en la raíz mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,594
	Sig. (bilateral)		0,006
	N °	20	20
Masa de metales en la raíz <i>Cari</i> mg/kg	Correlación de Pearson	0,594	1
	Sig. (bilateral)	0,006	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.006 de significancia que es mayor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.594 lo que nos indica a una correlación moderada. Sin embargo, en Ancash la investigación realizada por Davila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Juncus conglomeratus* con 0.742, con una correlación directa alta positiva.

Tabla 20*Correlación del suelo contaminado y la especie Calamagrostis rigescens del tallo*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en el tallo mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,561
	Sig. (bilateral)		0,010
	N°	20	20
Masa de metales pesados en el tallo Cari mg/kg	Correlación de Pearson	0,561	1
	Sig. (bilateral)	0,010	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.010 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.561 lo que nos indica a una correlación moderada. Sin embargo, en Ancash la investigación realizada por Dávila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Juncus conglomeratus* con 0.742, con una correlación directa alta positiva.

Tabla 21*Correlación del suelo contaminado y la especie Distichia muscoides en la raíz*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en la raíz mg/kg	
Concentración de metales en el suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,523
	Sig. (bilateral)		0,018
	N°	20	20
Masa de metales en la raíz Dimu mg/kg	Correlación de Pearson	0,523	1
	Sig. (bilateral)	0,018	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.018 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.523 lo que nos indica a una correlación moderada. Asimismo, en Ancash la investigación realizada por Dávila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Lachemilla orbiculata* con 0.742, con una correlación directa moderada positiva.

Tabla 22*Correlación del suelo contaminado y la especie Distichia muscoides en el tallo*

Concentración de metales en suelo mg/kg		Masa de metales en el tallo mg/kg	
Concentración de metales en suelo mg/kg	Correlación de Pearson	1	0,562
	Sig. (bilateral)		0,010
	N°	20	20
Masa de metales en el tallo <i>Dimu</i> mg/kg	Correlación de Pearson	0,562	1
	Sig. (bilateral)	0,010	
	N°	20	20

El valor calculando al 0.010 de significancia que es menor a 0.05 lo que nos indica que, si hay correlación entre el suelo y la raíz, ya el valor de Pearson es de 0.562 lo que nos indica a una correlación moderada. Asimismo, en Ancash la investigación realizada por Davila y Villegas (2018) presentó la mayor correlación entre el suelo contaminado y la especie flora herbácea silvestre *Lachemilla orbiculata* con 0.742, con una correlación directa moderada positiva.

CAPITULO IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se identificó 23 especies vegetales en el suelo contaminado por pasivo ambiental minero con un total de 30 individuos en las tres parcelas. Estas especies identificadas a menudo se encuentran presentes en la zona, las cuales se pueden utilizar para remediar suelos sin ninguna dificultad, debido a que no tendrán problemas de adaptación. Se determinó la composición botánica y cobertura vegetal de la vegetación altoandina en (%), siendo la *D. muscoides* (40), *S. hans meyeri* (20), *C. ovata* (18), *F. rigescens* (15), *C. rigescens* con (13) y *C. recta* con (11), agrupadas en siete familias.

Se identificó que la especie *Calamagrostis rigescens*, acumula la mayor cantidad de metales pesados (mg/kg), como el Fe (120), Al (90.3), Mg (87.7), Zn (8.0), Pb (2.0) y Mo (0.3). La especie *Disticha muscoides* tiene la capacidad para acumular los metales de Mg (100), Sr (1.7) y Cu (1.7), de la misma forma la especie *Festuca rigescens* acumuló los metales como Cr (0.9), As (0.3) y Ni (0.2). Asimismo, la especie *S. hans meyeri*, la cual acumuló los metales como el Cd (0.5) y el Al (53.7).

Se determinó que en las especies *Distichia muscoides*, *S. hans meyeri*, *Calamagrostis ovata*, *Festuca rigescens*, *Calamagrostis. rigescens* y *Calamagrostis recta*. Son especies que capturan metales en sus raíces como: aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cromo, cobre, fierro, molibdeno, antimonio, estroncio, vanadio y zinc a excepción del magnesio, manganeso y mercurio donde las concentraciones se dan de forma variada tanto en raíz como en tallo. Se determinó los factores de bioconcentración y traslocación para la especie como la *S. hans meyeri* y *C. recta*. son especies fitoestabilizadoras, la *F. rigescens*, *C. rigescens* son especies fitoextractoras, para los metales como Ti, Sr, Cr, Mo, Mg y Ni.

Al comparar la concentración metales pesados presentes en el suelo contaminado por pasivos ambientales mineros con los Estándar de Calidad Ambiental para suelos agrícolas Nacionales, se identificó que arsénico, cadmio y plomo en todos los análisis sobrepasó el valor máximo admitido.

Asimismo, se obtuvo una correlación alta directa positiva, lo que significa que si el suelo está contaminado con metales pesados y las plantas lo asimilan en sus tejidos vegetales.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda utilizar la especie vegetal como la *Calamagrostis rigescens*, ya que tiene potencial para remediar suelos contaminados con metales como hierro, aluminio, magnesio, zinc, plomo y molibdeno del mismo nodo, utilizar la especie *Disticha muscoides*, Se caracteriza por la capacidad de estabilizar metales de magnesio, titanio, estroncio y cobre, así como la especie *Stipa hans meyeri*, con el propósito de restaurar suelos contaminados por cadmio y aluminio, así como se recomienda realizar el análisis específico para metales como mercurio, plomo, arsénico, cromo y zinc con el fin de determinar la toxicidad para con el medio ambiente.

Es recomendable usar estas especies vegetales *Calamagrostis rigescens* y *Stipa. hans meyeri*, que retienen el metal solo en las raíces de dichas especies debido que estas especies vegetales de tipo fitoestabilización. A especies llamadas *Disticha muscoides* y *Festuca rigescens*. Se caracteriza por la capacidad de transportar el metal de la raíz hasta la zona aérea. Por último, estas plantas podrían ser utilizadas para cerrar minas mineras abandonadas porque tienen climas similares a los de la zona altoandina.

Se recomienda utilizar la especie vegetal *Calamagrostis recta* para procedimientos de fitorremediación, ya que alberga la mayor cantidad de metales pesados, tales como Aluminio, Cromo y Níquel.

Se sugiere hacer más estudios sobre las especies vegetales altoandinas aledañas al pasivo ambiental minero de Palca para mejorar su capacidad fitorremediadora en ambientes contaminados. Estas investigaciones podrían determinar la magnitud de la contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adiansyah, Joni Safaat, Michele Rosano, Sue Vink, y Greg Keir. 2015. «A framework for a sustainable approach to mine tailings management: disposal strategies». *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.07.139.
- Aduvire, O. 2018. «Dimensionado de Sistemas de Tratamiento de Aguas Acidas De Mina». *Revista de medio ambiente y minería* 5:11.
- Afonso, Thays França, Carolina Faccio Demarco, Simone Pieniz, Maurizio Silveira Quadro, Flávio A. O. Camargo, y Robson Andreazza. 2020. «Bioprospection of indigenous flora grown in copper mining tailing area for phytoremediation of metals». *Journal of Environmental Management* 256(November 2019). doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109953.
- Akhtar, Nahid, y M. Amin ul Mannan. 2020. «Mycoremediation: Expunging environmental pollutants». *Biotechnology Reports* 26.
- Ali, Hazrat, Ezzat Khan, y Muhammad Anwar Sajad. 2013. «Phytoremediation of heavy metals-Concepts and applications». *Chemosphere* 91(7):869-81.
- Argota Pérez, George, Malú Encina Cáceres, Humberto Argota Coello, y José Iannacone O. 2014. «Coeficientes biológicos de fitorremediación de suelos expuestos a plomo y cadmio utilizando *Alopecurus magellanicus* var. *bracteatus* y *Muhlenbergia angustata* (Poaceae), Puno, Perú». *The Biologist* 12(1):99-108.
- Aron, Ana Sofía, y Oswaldo Molina. 2020. «Green innovation in natural resource industries: The case of local suppliers in the Peruvian mining industry». *Extractive Industries and Society* 7(2):353-65. doi: 10.1016/j.exis.2019.09.002.
- Ashraf, Sana, Qasim Ali, Zahir Ahmad Zahir, Sobia Ashraf, y Hafiz Naeem Asghar. 2019. «Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils». *Ecotoxicology and Environmental Safety* 174 (November 2018):714-27. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.02.068.

- Attinti, Ramesh, Kirk R. Barrett, Rupali Datta, y Dibyendu Sarkar. 2017. «Ethylenediaminedisuccinic acid (EDDS) enhances phytoextraction of lead by vetiver grass from contaminated residential soils in a panel study in the field». *Environmental Pollution* 225:524-33. doi: 10.1016/j.envpol.2017.01.088.
- Banco Central de Reserva del Perú. 2023. «Comex Perú - Sociedad de Comercio Exterior del Perú (2023)».
- Bazán T., y Rojas D. 2018. “Remoción de metales pesados con juncus arcticus y urtica dioica en un relave minero, distrito Huamachuco - la Libertad”». *Universidad César Vallejo - Tesis* 110(9):1689-99.
- Bislimi, Kemajl, Hazbije Sahiti, Jeton Halili, Mentor Bici, y Ilir Mazreku. 2020. «Effect of Mining Activity in Accumulation of Heavy Metals in Soil and Plant (Urtica dioica L.)». *Journal of Ecological Engineering* 22(1):1-7. doi: 10.12911/22998993/128691.
- Candeias, Carla, Paula Ávila, Patrícia Coelho, y João P. Teixeira. 2019. Mining activities: Health impacts». Pp. 415-35 en *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier.
- Calla, Y. (2021). Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y su relación con los a órganos vegetales de cacao (Theobroma cacao L.) en San Gabán, Carabaya, Puno. Universidad Nacional de Juliaca, 2013-2015
- Cesar, Saenz, y Ostos Jhony. 2020. Corporate Social Responsibility supports the construction of a strong social capital in the mining context: Evidence from Peru». *Journal of Cleaner Production* 267. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122162.
- Chappuis, Maria. 2019. Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú 168 MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO». *Medio Ambiente y Desarrollo-Cepal*.
- Chaudhry, Hina, Numrah Nisar, Salma Mehmood, Munawar Iqbal, Arif Nazir, y Muhammad Yasir. 2020. «Indian Mustard Brassica juncea efficiency for the accumulation, tolerance and translocation of zinc from metal contaminated soil». *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 23. doi: 10.1016/j.bcab.2019.101489.

- Corpus, y M. 2018. *"Eficiencia de Especies Altoandinas como Plantas Fitorremediadoras de Suelos Contaminados con Metales Pesados Provenientes de la Planta Concentradora de Minerales Santa"*.
- Cruzado Tafur, Edith, Katarzyna Bierla, Lisard Torró, y Joanna Szpunar. 2021. «Accumulation of as, ag, cd, cu, pb, and zn by native plants growing in soils contaminated by mining environmental liabilities in the peruvian andes». *Plants* 10(2):1-23. doi: 10.3390/plants10020241.
- Cuentas, Mario, Americo Arizaca, y Fidel Huisa Mamani. 2019. «Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoraque - Puno». *Revista de Medio Ambiente y Minería* (January 2021).
- Danitza Marili Arpasi Curasi. 2019. «Determinación de metales pesados en la especie baccharis sp que crece en el ámbito del proyecto minero "estela" – Ananea – Provincia de San antonio de Putina – Puno». *Tesis, (Universidad privada san carlos)*.
- Dávila M., y Villegas 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"*.
- Delgadillo López *et al.* 2011. «Fitorremediación: Una Alternativa Para Eliminar La Contaminación». *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (Fitorremediación: Una Alternativa Para Eliminar La Contaminación):597-612.
- Díaz Dávila, María Yanet. 2017. «Capacidad de Acumulación de la ortiga (*urtica urens*) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017». 83.
- Durán, P. 2010. Transferencia de metales de suelo a planta de áreas mineras: ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana. (Tesis doctoral), Universidad de Barcelona, Barcelona-España.
- Estrada Zuñiga, Andrés Corsino, y Juan Gregorio Zapana Pari. 2018. «Capacidad de carga de pastos de puna húmeda en un contexto de cambio climático». *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research* 20(3):361-79. doi: 10.18271/ria.2018.399.

- Fernández, S., C. Poschenrieder, C. Marcenò, J. R. Gallego, D. Jiménez-Gámez, A. Bueno, y E. Afif. 2017. «Phytoremediation capability of native plant species living on Pb-Zn and Hg-As mining wastes in the Cantabrian range, north of Spain». *Journal of Geochemical Exploration* 174:10-20. doi: 10.1016/j.gexplo.2016.05.015.
- Fernández-Macías, Juan C., Donaji J. González-Mille, María E. García-Arreola, Omar 2020. «Integrated probabilistic risk assessment in sites contaminated with arsenic and lead by long-term mining liabilities in San Luis Potosí, Mexico». *Ecotoxicology and Environmental Safety* 197(March):110568. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.110568.
- García, M. L. ., & Vásquez, M. Y. 2020. «“Identificación De Especies Vegetales Con Potencial Para La Remediación De Suelos Provenientes De Pasivos Ambientales Mineros”». *Universidad Privada del Norte - Tesis* 68.
- Gerardo Zamora Echenique. Octavio Hinojosa Carrasco. 2020. «Revista de Medio Ambiente y Minería minero de Japo - Santa Fe». 1-12.
- Gerhardt, Karen E., Perry D. Gerwing, y Bruce M. Greenberg. 2017. «Opinion: Taking phytoremediation from proven technology to accepted practice». *Plant Science* 256:170-85.
- Ghafouri, Laleh, Ali Daryabeigi-zand, y Manoochehr Mohammadi. 2021. «Acta Ecologica Sinica Phytoextraction potential of halophyte plants under industrial multi-metal contaminated sites». *Acta Ecologica Sinica* (xxxx):1-8. doi: 10.1016/j.chnaes.2021.03.005.
- Ghazaryan, Karen, Hasmik Movsesyan, Naira Ghazaryan, y Beatriz Amanda Watts. 2019. «Copper phytoremediation potential of wild plant species growing in the mine polluted áreas of Armenia». *Environmental Pollution* 249:491-501. doi: 10.1016/j.envpol.2019.03.070.
- Jara-Peña, E., Gómez, J., Montoya, H., Chanco, M., Mariano, M. & Cano, N. 2014. Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. En revista Peruana de Biología, 21 (2) pp 145-154.

- Jara Peña, Enoc. 2017. Acumulación de metales pesados en *Calamagrostis rigida* (Kunth) Trin. ex Steud. (Poaceae) y *Myriophyllum quitense* Kunth (Haloragaceae) evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú». *Arnaldoa* 24(2):583-98. doi: 10.22497/arnaldoa.242.24210.
- José Domingo Choquehuanca soto. 2018. *Manual de evaluación, manejo y mejoramiento de praderas nativas en ecosistemas de la zona altoandina de Puno*.
- Każmierczak, Urszula, Paweł Strzałkowski, Marek W. Lorenc, Elżbieta Szumska, Antonio Angel Pérez Sánchez, y Kevin A. C. Baker. 2019. «Post-mining Remnants and Revitalization». *Geoheritage* 11(4):2025-44. doi: 10.1007/s12371-019-00408-8.
- Kumar, Sandeep, Shiv Prasad, Krishna Kumar Yadav, Manoj Shrivastava, Neha Gupta, Shivani Nagar, Quang Vu Bach, Hesam Kamyab, Shakeel A. Khan, Sunita Yadav, y Lal Chand Malav. 2019. «Hazardous heavy metals contamination of vegetables and food chain: Role of sustainable remediation approaches - A review». *Environmental Research* 179:108792. doi: 10.1016/j.envres.2019.108792.
- Lam, Elizabeth J., Manuel Cánovas, María E. Gálvez, Ítalo L. Montofré, Brian F. Keith, y Ángel Faz. 2017. «Evaluation of the phytoremediation potential of native plants growing on a copper mine tailing in northern Chile». *Journal of Geochemical Exploration* 182(July 2016):210-17. doi: 10.1016/j.gexplo.2017.06.015.
- Land, Metal-polluted, Subhadip Ghosh, y Zhong Chen. 2020. «Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy». 11(April):1-15. doi: 10.3389/fpls.2020.00359.
- Lauro E. Díaz., E. Mendoza. B, Domínguez. 2018. «Determinación de cadmio y plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), provenientes de finca de productores orgánicos del cantón Vinces.» *Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias para el Desarrollo* 16.

- Leon, y Alfonso. 2017. “*Capacidad Fitorremediadora de Especies Altoandinas para Suelos Contaminados por Metales Pesados Procedentes de la Compañía Minera Lincuna Sac, en Condiciones de Invernadero, 2015-2016*”.
- M. E. Suaña Quispe. 2018. «Capacidad del girasol *Helianthus annuus L.* para absorber cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado Puno». *Revista de investigaciones de la escuela de posgrado* 7(051):393-401.
- Maggy Belén Romero Arribasplanta. Sebastian Cossi Bravo Thais. 2021. «Estudio del potencial de acumulación de metales pesados de plantas nativas peruanas para fitorremediación de pasivos mineros». *Pontifica Universidad católica del Perú. Facultad de Ciencias E Ingeniería* 110.
- Mahar, Amanullah, Ping Wang, Amjad Ali, Mukesh Kumar Awasthi, Altaf Hussain Lahori, Quan Wang, Ronghua Li, y Zengqiang Zhang. 2016. «Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review». *Ecotoxicology and Environmental Safety* 126:111-21.
- Makhmudova, Gulzhan, y Kenichi Matsui. 2019. «“The remediation policy after mining works in the Kyrgyz Republic”». *Resources Policy* 61:304-10. doi: 10.1016/j.resourpol.2019.02.004.
- María, y Otoya. 2023. «Potencial de *Distichia muscoides* en la biorremediación de un bofedal impactado con drenaje ácido de roca Áncash». *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Facultad de Ciencias Biológicas* 143-2.
- Marrugo-Negrete, José, Siday Marrugo-Madrid, José Pinedo-Hernández, José Durango-Hernández, y Sergi Díez. 2016. «Screening of native plant species for phytoremediation potential at a Hg-contaminated mining site». *Science of the Total Environment* 542:809-16. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.10.117.
- Martínez Manchego, Luis, y Edwin Bocado Delgado. 2021. «Especies vegetales nativas con potencial para la fitorremediación de suelos alto andinos contaminados por residuos de actividad minera». *Bioagro* 33(3):161-70. doi: 10.51372/bioagro333.2.
- Mary Chávez Quijada. 2015. *Los Pasivos Ambientales Mineros: Diagnóstico Y Propuestas*.

- Mattina, Mary Jane Incorvia, William Lannucci-Berger, Craig Musante, y Jason C. White. 2003. «Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil». *Environmental Pollution* 124(3):375-78. doi: 10.1016/S0269-7491(03)00060-5.
- Medina M., y Montano C. 2014. *Determinación del Factor de Bioconcentración y Traslocación de Metales Pesados en el Juncus articus Willd. Y cortaderia rudiusscula Stapf, de Áreas Contaminadas en el Pasivo Ambiental Minero Alianza - Ancash 2014.*
- Midhat, Laila, Naaila Ouazzani, Abdessamed Hejjaj, Ahmed Ouhammou, y Laila Mandi. 2019. «Ecotoxicology and Environmental Safety Accumulation of heavy metals in metallophytes from three mining sites (Southern Centre Morocco) and evaluation of their phytoremediation potential». *Ecotoxicology and Environmental Safety* 150-60. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.11.009.
- MINAM. 2014. «En el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Guia para muestreo de suelos». *Ministerio del ambiente* 38. doi: 624.1517.
- MINEN. 2020. *Ministerio de Energía y Minas, 2020. Anuario Minero. Oficina de imagen institucional y Comunicaciones, Lima, Perú.*
- Ministerio de Energía y Minas. 2018. «Ministerio de energía y Minas Proyecto de ley N° 3543-2018-CR-Identificación, Registro y Remediación de los Pasivos Ambientales Mineros de los Ríos de la Cuenca Llallimayo-Melgar, ramis y Coata- Puno». 14-3.
- Ministerio de Energía y Minas Resolución Ministerial N ° 010-2019-MEM / DM. Actualizan Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros. 2019. *En Diario Oficial El Peruano*. Cercado de Lima, Perú.
- Mohanty, Monalisa, y Hemanta Kumar Patra. 2020. «Phytoassessment of in situ weed diversity for their chromium distribution pattern and accumulation indices of abundant weeds at South Kaliapani chromite mining area with their phytoremediation prospective». *Ecotoxicology and Environmental Safety* 194(October 2019):110399. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.110399.

- Ortiz R., y Aranibar M. 2015. Plantas acumuladoras de metales en relaves mineros del Altiplano de la región Puno. *Investigación Andina* 15(1):96-107.
- Ortiz Hernández, A. M., E., Lara, F., Granados, C. A., Landero, N., & Andrade, P. 2023. Bioacumulación de metales pesados en plantas de pepino inoculadas con cepas de *Trichoderma* (Hypocreaceae) en, México. 117-126
- Papuico, y 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. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*
- Paredes, Javier. 2015. Evaluación de la aplicabilidad de especies forestales de la serranía peruana en fitorremediación de relaves mineros». *ECI Perú* 11(2):42-46.
- Peña, Jara, José Gómez, Haydee Montoya, Magda Chanco, Mauro Mariano, y Cano Noema. 2014. «Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas en suelos contaminados con metales pesados». *Revista peruana de biología*.
- Peña R., y Beltrán L. 2022. Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* en la estación experimental el Mantaro <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2022.9.34>
- Ríos R. 2017. “Comparación de las Eficiencias Fitorremediadoras de las Especies *Lolium perenne*, *Pelargonium hortorum* y *Fuertesimalva echinata* en la Reducción de la Concentración de Plomo en Suelos Agrícolas del Distrito de Huamantanga, 2017.
- Romero M., y Bravo S. 2021. Estudio del Potencial de Acumulación de Metales Pesados en Plantas Nativas Peruanas Para la Fitorremediación de Pasivos Mineros». *Pontificia Universidad Católica Del Perú Facultad De Ciencias E Ingeniería* 110-63.

- Santos-francés, Fernando, Antonio Martínez-Graña, Pilar Alonso Rojo, y Antonio García Sánchez. 2017. Geochemical background and baseline values determination and spatial distribution of heavy metal pollution in soils of the andes mountain range (Cajamarca-Huancavelica, Peru)». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(8). doi: 10.3390/ijerph14080859.
- Siles, y Arce. 2023. Eficiencia de fitorremediación del *Stipa ichu* y la *Festuca dolichophylla* usando tiosulfato de amonio y yoduro de potasio de los suelos contaminados con mercurio por las actividades mineras del distrito de Ananea Puno-Perú».
- Stefanowicz, Anna M., Paweł Kapusta, Szymon Zubek, Małgorzata Stanek, y Marcin W. Woch. 2020. Soil organic matter prevails over heavy metal pollution and vegetation as a factor shaping soil microbial communities at historical Zn–Pb mining sites». *Chemosphere* 240. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.124922.
- Sun, Zehang, Xiande Xie, Ping Wang, Yuanan Hu, y Hefa Cheng. 2018. Heavy metal pollution caused by small-scale metal ore mining activities: A case study from a polymetallic mine in South China». doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.176.
- Tovar O. y L. Oscanoa. 2002. Guías para la identificación de pastos naturales alto andinos de mayor importancia ganadera. Instituto de Montañas. Proyecto FOCAL Obc. Huaraz – Áncash.
- Xia, Zihan, Junwen Zhang, Yani Yan, Wei Zhang, y Zhiqi Zhao. 2022. Heavy metals in suspended particulate matter in the Yarlung Tsangpo River, Southwest China». *Geosystems and Geoenvironment* 100160. doi: 10.1016/j.geogeo.2022.100160.
- Yaranga, Raúl, María Custodio, Fernán Chanamé, y Rafael Pantoja. 2018. Floristic diversity in grasslands according to plant formation in the Shullcas river sub-basin, Junin, Peru. *Scientia Agropecuaria* doi: 10.17268/sci.agropecu.2018.04.06.

Yuli del Cisne Huanca Robles. 2023. «Efecto del bokashi en suelos contaminados provenientes de actividades mineras auríferas, del sector Caluguro del cantón santa rosa provincia de el oro». Universidad Católica de Cuenca-Unidad Académica de Ingeniería, Industrial y Construcción, Universidad Católica de Cuenca-Unidad Académica de Ingeniería, Industrial y Construcción.

Zapana Landaeta, J. C. 2020. Evaluación de pastizales naturales y determinación de la carga animal actual en la comunidad chila, Puno. Perú. Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado de la UNA PUNO, 8(4), 1286 - 1296

ANEXOS

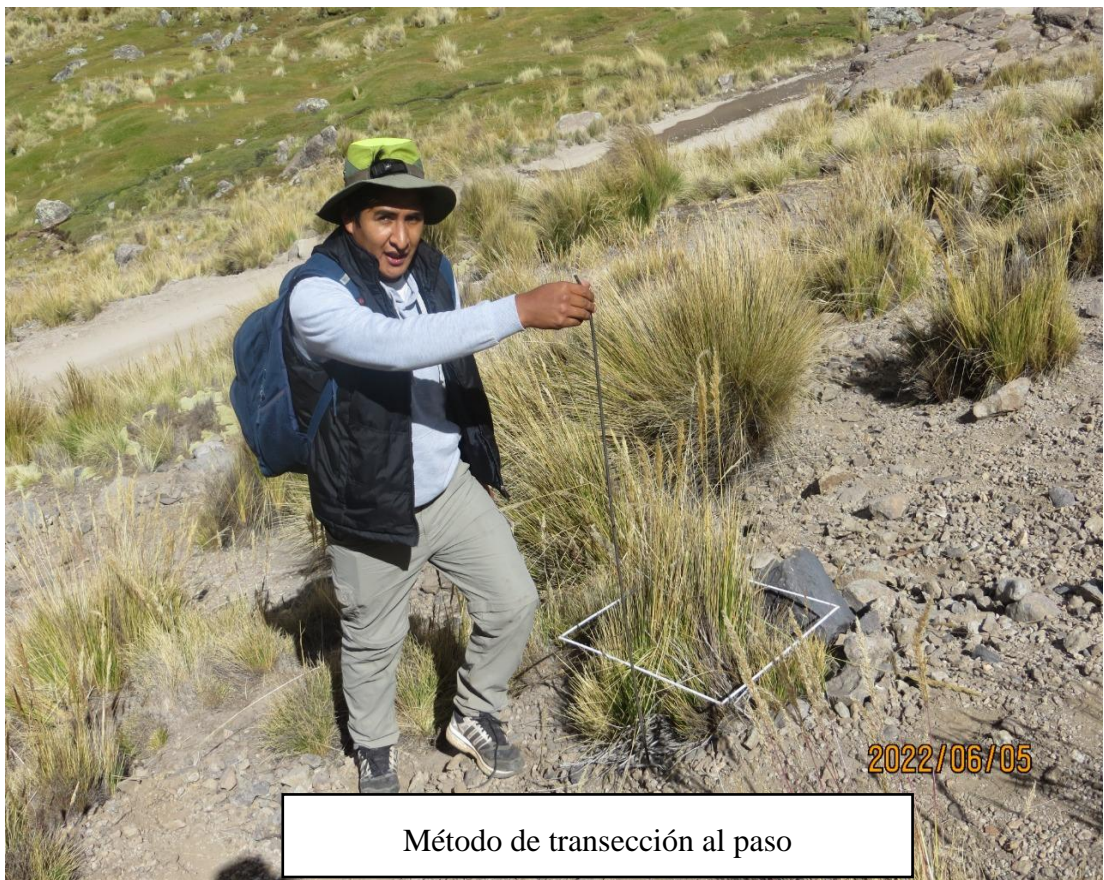
Anexo 1.

Identificación del área de estudio



Anexo 2.
Panel Fotográfico







Inventario de la vegetación altoandina.



Muestras obtenidas y conservadas de vegetación y suelo



Personal de apoyo, equipo y materiales de trabajo



Muestra de especies vegetales y suelo pesado

Anexo 3.

Ficha de registro de transección al paso

FICHA REGISTRO DE TRANSECCIÓN AL PASO MODIFICADO

PREDIO: Pomasi DIST.: Palca PROV.: Lampa DPTO.: Puno
 STAND N°: Parcela 1 TRANSECCIÓN N°: 01 ÁREA STAND: 2000 m²
 ÁREA TOTAL DEL PREDIO: ASPECTO: Vegetación Pobre FECHA: 05/06/2022
 TIPO DE VEGETACIÓN: Pajonal llama ichu ÉPOCA: Junio
 PERÍODO: Junio INVESTIGADOR: Narvaez Tito Yoni
 OBSERVACIONES: Pavaje de pradera con tipo de depelacion pajonal de llama ichu de conchón

Desnudo	Roca	Care	Roca	feri	Desnudo	Care	stsp	stha	stha
Roca	feri	Desnudo	feri	Roca	stsp	stsp	stha	Manti	Desnudo
Care	stha	Cacr	Roca	Desn.	Cacr	Care	Care	Desnudo	feri
Roca	Cacr	Desnudo	cavi	Desnudo	stha	cavi	stha	Desnudo	Roca
stha	Desnudo	Roca	stha	Roca	cavi	Care	cavi	stme	stha
Roca	Roca	stbr	care	pymo	Roa.	stme	Roca	Care	Roca
Care	stha	stha	Roca	pymo	pymo	stme	Desnudo	Roca	stha
stha	stbr	Roca	care	Desnudo	cosp	Manti	cosp	Manti	stha
stha	stsp	Man.	Pale	pale	Pale	Care.	Desnudo	Manti	feri
Roca	stha	Desnudo	stha	Desnudo	Roca	stha	stha	stha	pymo

FACTORES EN ESTUDIO:

- ALTITUD (msnm): 4729 msnm
- PENDIENTE (%): 35
- PROFUNDIDAD EFECTIVA (cm): Menor a 30cm
- TEXTURA DE SUELO: Ligera
- DISTANCIA ABREVADERO (m): 500m

VIGOR O ALTURA FOLIAR DE ESPECIES CLAVE PREDOMINANTES (cm):

ESPECIES CLAVE	LECTURAS (10)	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	ESTÁNDAR ÓPTIMO
<i>Stipa hons meyeri</i>				
<i>Calamagrostis recta</i>				
<i>Festuca rigescens</i>				

José Domingo Chaguacoma Soto
 INGENIERO AGRÓNOMO, D. Sc.
 Reg. CIP N° 34371

FICHA REGISTRO DE TRANSECCIÓN AL PASO MODIFICADO

PREDIO: Pomasi..... DIST: Palca..... PROV: Lampa..... DPTO: Puno.....
 STAND N°: Parcela..... TRANSECCIÓN N°: 02..... ÁREA STAND: 2000m².....
 ÁREA TOTAL DEL PREDIO:..... ASPECTO: Vegetación Regular FECHA: 05/06/2022.....
 TIPO DE VEGETACIÓN: Bofedal..... ÉPOCA: Junio.....
 PERÍODO: Junio..... INVESTIGADOR: Narváez Hito Yoni.....
 OBSERVACIONES: Praedera con vegetación tipo bofedal regular.


feri	M	stha	care	feri	dimu	pymo	caou	elal	care
dimu	M	care	dimu	care	caou	D	elal	stha	dimu
pymo	care	pymo	dimu	caou	D	feri	pymo	D	M
caou	dimu	M	M	M	caou	dimu	asun	D	caou
D	M	caou	care	M	caou	feri	caou	asun	feri
M	feri	caou	feri	M	M	M	M	caou	stha
dimu	caou	feri	M	M	care	care	caou	caou	asun
feri	M	dimu	feri	caou	care	care	feri	asun	M
M	M	caou	care	M	feri	M	Sisp	feri	M
feri	M	caou	sisp	caou	D	D	feri	D	M

FACTORES EN ESTUDIO:

- ALTITUD (msnm): 4703 msnm.....
- PENDIENTE (%): 20.....
- PROFUNDIDAD EFECTIVA (cm): mayor 1.5 cm.....
- TEXTURA DE SUELO: pedada.....
- DISTANCIA ABREVADERO (m): menor a 200m.....

VIGOR O ALTURA FOLIAR DE ESPECIES CLAVE PREDOMINANTES (cm):

ESPECIES CLAVE	LECTURAS (10)	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	ESTÁNDAR ÓPTIMO
<i>calamagrostis ovata</i>				
<i>festuca rigencens</i>				
<i>calamagrostis recta</i>				



 Jose Domingo Choquehuancá Soto
 INGENIERO AGRÓNOMO, D. So.
 Reg CIP N° 34371

FICHA REGISTRO DE TRANSECCIÓN AL PASO MODIFICADO

PREDIO: Pomasi..... DIST: Palea..... PROV: Lampa..... DPTO: Puno.....
 STAND N°: Parcela 3..... TRANSECCIÓN N°: 03..... ÁREA STAND: 2400 m².....
 ÁREA TOTAL DEL PREDIO:..... ASPECTO: Regular..... FECHA: 05/06/2022.....
 TIPO DE VEGETACIÓN: Bofedal..... ÉPOCA: Junio.....
 PERÍODO: Junio..... INVESTIGADOR: Narvaez Tito Voni.....
 OBSERVACIONES: Cobertura vegetal de 40%.....

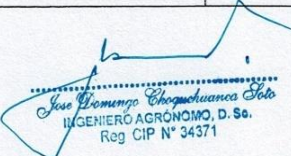
caov	dimu	dimu	Cari	dimu	dimu	car?	dimu	dimu	Cari
dimu	dimu	dimu	dimu	M	M	M	M	M	car?
Cari	dimu	M	M	dimu	Cari	dimu	dimu	dimu	elal
Cari	dimu	dimu	dimu	dimu	dimu	dimu	dimu	dimu	feri
caov	Cari	Roca	M	Cari	calsp	D	caan	feri	dimu
dimu	dimu	dimu	dimu	dimu	caov	caov	dimu	caan	dimu
dimu	dimu	caov	caov	Cari	dimu	dimu	feri	caan	Cari
calsp	calsp	dimu	dimu	stic	stic	dimu	Cari	platu	platu
elal	caov	dimu	dimu	feri	feri	pemu	Cari	M	luop
pemu	Care	pemu	Care	luop	luop	Care	luop	pemu	M

FACTORES EN ESTUDIO:

- ALTITUD (msnm): 4684 msnm.....
- PENDIENTE (%): 9.....
- PROFUNDIDAD EFECTIVA (cm): mayor a 1.5m.....
- TEXTURA DE SUELO: pesado.....
- DISTANCIA ABREVADERO (m): menor a 100 m.....

VIGOR O ALTURA FOLIAR DE ESPECIES CLAVE PREDOMINANTES (cm):

ESPECIES CLAVE	LECTURAS (10)	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	ESTÁNDAR ÓPTIMO
<i>Piptelium mucroclis</i>				
<i>Calamagrostis nigeran</i>				
<i>Calamagrostis ovata</i>				


 Jose Domingo Choquehuancu Soto
 INGENIERO AGRÓNOMO, D. Sc.
 Reg. CIP N° 34371

Anexo 4.
Cadena de custodia



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.Ltda.

Parq. Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado Arequipa.
Teléf. (054) 443294 Fax (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

**CADENA DE CUSTODIA - SUELOS Y SEDIMENTOS
(MONITOREO AMBIENTAL)**

Código Reg F-0-	Versión:00
Aprob por GSGI	Fecha Rev

Señores:	DIANA VARGAS SOTO	RUC:		Teléfono:	931777625	e-mail:	yoni.unaj@gmail.com	Consultas:	
Dirección:	URB. VILLA SAN ROMAN JULIACA - PUNO	Proyecto/ Programa:	TESIS DE PRE GRADO					Ing.Sixto Juárez	
Atención:	YONI NARVAEZ TTITO	Muestra(s):	Puntual(es)	SI				Ing.Omar Juárez	
Responsable del muestreo:	YONI NARVAEZ TTITO		Composito(s)					e-mail:las@laboratoriosanaliticosdelsur.com	

Codigo LAS (campo para ser llenado solo por el laboratorio)	Fecha	Hora	Codigo de campo	Nombre de la Muestra	Lugar de muestreo		Envase		Cantidad de muestra (g)
					Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas UTM	Plastico	Vidrio	
	5/06/2022	11:30 a. m.	A	M-SUELO-P-A-1	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA/LAMPA/PUNO	319537 E 8302211 N	SI		200 g
	6/06/2022	12:00 a. m.	B	M-SUELO-P-B-1	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA/LAMPA/PUNO	319725 E 8302213 N	SI		200 g
	6/06/2022	12:50 p. m.	C	M-SUELO-P-C-1	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA/LAMPA/PUNO	319851 E 8302217	SI		200 g



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.Ltda.
 Parq. Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado Arequipa. Teléf. (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

CADENA DE CUSTODIA - ALIMENTOS Y PRODUCTOS ELABORADOS

Código Reg F-007-16 Versión: 00
 Aprob por GO Fecha Rev 15/12/2021

Señores: YONI NARAVEZ TTITO E-mail: yoni.unaj@gmail.com
 Dirección: URB. VILLA SAN ROMAN -JULIACA -PUNO DNI/RUC: 10705441966
 Atención: DIANA VARGAS SOTO Teléfonos: 931777625
 Responsable de la toma de muestra: YONI NARAVEZ TTITO Proyecto: Tesis de Pregrado
 Consultas: Ing.Sixto Juárez
 Ing.Omar Juárez
 e-mail: las@laboratoriosanaliticosdelsur.c

Codigo LAS (campo para ser llenado solo por el laboratorio)	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	grupo	subgrupo	Codigo de campo	Nombre de la Muestra	N° de Lote	Fecha de Producción	Conservación *	Lugar de muestreo	Tipo de envase				Numero de unidades	Cantidad de muestra x unidad (g. o mL.)
										Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Enlatados	Plastico	Vidrio	Otro		
	06-Jun	09:40 a. m.	A	A-1	M-PLANTA -A-1	<i>M-PLANTA -1 Stipa hans-meyeri</i>			"RAIZ", "TALLO"	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO		SI				100
		11:00 a. m.		A-2	M-PLANTA -A-2	<i>M-PLANTA -2 Calamagrostis recta</i>			"RAIZ", "TALLO"	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO		SI				100
	06-Jun	01:00 p. m.	B	B-1	M-PLANTA -B-1	<i>M-PLANTA -2 Calamagrostis ovata</i>			"RAIZ", "TALLO"	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO		SI				100
		01:40 p. m.		B-2	M-PLANTA -B-3	<i>M-PLANTA -3 Festuca rigescens.</i>			"RAIZ", "TALLO"	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO		SI				100
	06-Jun	03:00 p. m.	C	C-1	M-PLANTA -C-1	<i>M-PLANTA -1 Calamagrostis rigescens.</i>			"RAIZ", "TALLO"	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO		SI				100
		04:00 p. m.		C-1	M-PLANTA -B-2	<i>M-PLANTA -1 Distichia muscoides.</i>			"RAIZ", "TALLO"	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO		SI				100

Anexo 5.
Informe de laboratorio

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-PT-22-00010

Hoja de datos

Señores: YONI NAVAREZ TTITO
Dirección: URB. VILLA SAN ROMAN - JULIACA - PUNO
Atención: YONI NAVAREZ TTITO

Proyecto: TESIS DE PREGRADO TITULADO: ESPECIES VEGETALES CON MAYOR POTENCIAL FITORREMEDIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS
POR METALES PESADOS PROCEDENTES DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE PALCA, PUNO

Nro de muestras: 4
Muestreo a cargo de(l): YONI NAVAREZ TTITO
Registro de muestreo: 006-22
Fecha de recepción: 13/06/2022
Fecha de ensayo: 13/06/2022
Fecha de emisión: 27/06/2022
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas
Observaciones : -----

Metodo de ensayo aplicado

*5090 Determination of trace elements in food by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry

Cod Int. #	Nombre de muestra	Tipo de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
PT22000021	M-PLANTA -1 Stipa hans-meyeri	Raiz	PARCELA P-A PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	9:40:00
PT22000022	M-PLANTA -1 Stipa hans-meyeri	Tallo	PARCELA P-A PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	9:40:00
PT22000023	M-PLANTA -2 Calamagrostis recta	Raiz	PARCELA P-A PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	11:00:00
PT22000024	M-PLANTA -2 Calamagrostis recta	Tallo	PARCELA P-A PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	11:00:00

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Calle A. de la ~~Sierra~~ **Soto** produce.
Cedente de Operaciones

M. Sc. Ingeiero Químico CIP 114426
NH-18 N° 1904

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de gestión de calidad. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com


INFORME DE ENSAYO LAS01-PT-22-00010

Hoja de resultados

27/06/2022

Pág.: 2/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*5090 Li MT µg/Kg	*5090 Be MT µg/Kg	*5090 B MT µg/Kg	*5090 Na MT µg/Kg	*5090 Mg MT µg/Kg	*5090 Al MT µg/Kg	*5090 Si MT µg/Kg	*5090 P MT µg/Kg	*5090 K MT µg/Kg	*5090 Ca MT µg/Kg	*5090 Ti MT µg/Kg	*5090 V MT µg/Kg	*5090 Cr MT µg/Kg	*5090 Mn MT µg/Kg	*5090 Fe MT µg/Kg	*5090 Co MT µg/Kg	*5090 Ni MT µg/Kg	*5090 Cu MT µg/Kg	*5090 Zn MT µg/Kg	*5090 AS MT µg/Kg	*5090 Se MT µg/Kg
PT22000021	M-PLANTA -1 Stipa hans- meyer	123,2	14,7	b<43	4 880	>50000	>50000	23 290	18 250	>60000	>60000	>1000	229,6	250,6	>1000	>60000	141,5	147,8	>850	>4000	91,4	23
PT22000022	M-PLANTA -1 Stipa hans- meyer	4,3	b<0,26	260	3 290	34 200	3 780	34 020	26 610	>60000	>60000	241,6	40,5	148,3	>1000	13 280	4,3	65,5	>850	>4000	26,7	155
PT22000023	M-PLANTA -2 Calamagrostis recta	43,8	5,4	b<43	6 230	>50000	41 950	17 100	25 350	>60000	>60000	992,5	122,3	249,7	>1000	>60000	66,1	132,0	>850	>4000	58,7	48
PT22000024	M-PLANTA -2 Calamagrostis recta	2,1	b<0,26	b<43	4 410	16 580	1 780	27 110	25 200	>60000	48 540	186,1	34,0	322,2	>1000	7 250	2,2	46,2	>850	2 599	18,7	18


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1905

INFORME DE ENSAYO LAS01-PT-22-000010

Hoja de resultados

27/06/202

Código Interno #	Nombre de Muestra	*5090 Sr MT µg/Kg	*5090 Mo MT µg/Kg	*5090 Ag MT µg/Kg	*5090 Cd MT µg/Kg	*5090 Sb MT µg/Kg	*5090 Ba MT µg/Kg	*5090 Hg MT µg/Kg	*5090 Tl MT µg/Kg	*5090 Pb MT µg/Kg	*5090 Th MT µg/Kg	*5089 U MT µg/Kg
PT22000021	M-PLANTA -1 Stipa hans-meyeri	253,6	33,3	50,9	548,8	24,1	640,4	>5	10,4	>1000	65,4	41,9
PT22000022	M-PLANTA -1 Stipa hans-meyeri	329,0	38,0	b<0,24	12,7	2,1	114,7	>5	b<0,25	>1000	2,6	b<0,47
PT22000023	M-PLANTA -2 Calamagrostis recta	282,5	43,1	71,6	249,5	16,9	419,0	>5	3,4	>1000	18,6	11,6
PT22000024	M-PLANTA -2 Calamagrostis recta	101,2	30,1	b<0,24	9,5	b<0,31	89,2	>5	b<0,25	>1000	b<0,50	b<0,47

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1906

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-PT-22-00012

Hoja de datos

Señores: YONI NAVAREZ TTITO
Dirección: URB, VILLA SAN ROMAN - JULIACA - PUNO
Atención: YONI NAVAREZ TTITO

Pág: 1/3

Proyecto: POR METALES PESADOS PROCEDENTES DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE PALCA, PUNO
TESIS DE PREGRADO TITULADO: ESPECIES VEGETALES CON MAYOR POTENCIAL FITORREMEDIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS

Nro de muestras: 3

Muestreo a cargo de(l): YONI NAVAREZ TTITO

Registro de muestreo: 006-22

Fecha de recepción: 13/06/2022

Fecha de ensayo: 13/06/2022

Fecha de emisión: 27/06/2022

Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas

Observaciones : -----

Método de ensayo aplicado

*5090 Determination of trace elements in food by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry

Cod Int. #	Nombre de muestra	Tipo de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
PT22000030	M-PLANTA -1 Calamagrostis rigescens	Raiz	PARCELA P-C PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	15:00:00
PT22000031	M-PLANTA -1 Calamagrostis rigescens	Tallo	PARCELA P-C PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	15:00:00
PT22000032	M-PLANTA -2 Distichia muscoides	Tallo	PARCELA P-C PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	16:00:00

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Omar A. Juárez Soto

Gerente de Operaciones

114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del Sistema de Gestión de la Calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1910

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

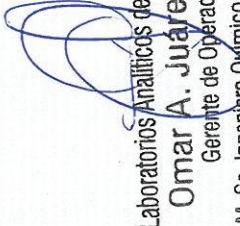
INFORME DE ENSAYO LAS01-PT-22-00012

Hoja de resultados

27/06/2022

Pág.: 2/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*5090 Li MT µg/Kg	*5090 Be MT µg/Kg	*5090 B MT µg/Kg	*5090 Na MT µg/Kg	*5090 Mg MT µg/Kg	*5090 Al MT µg/Kg	*5090 Si MT µg/Kg	*5090 P MT µg/Kg	*5090 K MT µg/Kg	*5090 Ca MT µg/Kg	*5090 Ti MT µg/Kg	*5090 V MT µg/Kg	*5090 Cr MT µg/Kg	*5090 Mn MT µg/Kg	*5090 Fe MT µg/Kg	*5090 Co MT µg/Kg	*5090 Ni MT µg/Kg	*5090 Cu MT µg/Kg	*5090 Zn MT µg/Kg	*5090 AS MT µg/Kg	*5090 Se MT µg/Kg
PT22000030	M-PLANTA -1 Calamagrostis rigescens.	65,4	6,6	<43	>50000	37 730	>50000	3 540	27 190	>60000	>60000	889,9	159,0	202,1	>1000	>60000	92,5	109,6	>850	>4000	39,4	17
PT22000031	M-PLANTA -1 Calamagrostis rigescens.	58,3	5,5	290	>50000	>50000	40 350	8 170	37 610	>60000	>60000	541,0	118,1	337,0	>1000	>60000	62,4	86,9	>850	>4000	36,7	50
PT22000032	M-PLANTA -2 Distichia muscooides	138,8	8,1	270	>50000	>50000	45 440	5 260	39 030	>60000	>60000	450,8	151,5	247,0	>1000	>60000	122,3	86,6	>850	>4000	46,9	83


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1911

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-PT-22-00012

Hoja de resultados

27/06/2022

Pág.: 3/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*5090 Sr MT µg/Kg	*5090 Mo MT µg/Kg	*5090 Ag MT µg/Kg	*5090 Cd MT µg/Kg	*5090 Sb MT µg/Kg	*5090 Ba MT µg/Kg	*5090 Hg MT µg/Kg	*5090 Tl MT µg/Kg	*5090 Pb MT µg/Kg	*5090 Th MT µg/Kg	*5089 U MT µg/Kg
PT22000030	M-PLANTA -1 Calamagrostis rigescens.	557,0	90,5	b<0,24	64,2	6,3	681,6	>5	7,4	>1000	39,3	19,1
PT22000031	M-PLANTA -1 Calamagrostis rigescens.	>850	215,5	b<0,24	39,8	7,3	617,0	>5	2,0	>1000	22,0	17,3
PT22000032	M-PLANTA -2 Distichia muscolides	>850	99,7	b<0,24	34,3	10,1	655,1	>5	b<0,25	>1000	53,3	25,7

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1912

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdesur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-PT-22-00011

Hoja de datos

Saíones: YONI NAVAREZ TTITO
Dirección: URB. VILLA SAN ROMAN - JULIACA - PUNO
Atención: YONI NAVAREZ TTITO
Proyecto: TESIS DE PREGRADO TITULADO: ESPECIES VEGETALES CON MAYOR POTENCIAL FITORREMEDIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS
POR METALES PESADOS PROCEDENTES DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE PALCA, PUNO
Nro de muestras: 5
Muestreo a cargo de(l): YONI NAVAREZ TTITO
Registro de muestreo: 006-22
Fecha de recepción: 13/08/2022
Fecha de ensayo: 13/08/2022
Fecha de emisión: 27/08/2022
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas
Observaciones: -----

Método de ensayo aplicado

*5090 Determination of trace elements in food by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry

Cod Int. #	Nombre de muestra	Tipo de muestra	Zona, Urb, AHH / Dist. / Prov. / Depart.	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
PT22000025	M-PLANTA -2 Calamagrostis ovata	Raíz	PARCELA P-B PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	13:00:00
PT22000026	M-PLANTA -2 Calamagrostis ovata	Tallo	PARCELA P-B PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	13:00:00
PT22000027	M-PLANTA -1 Distichia muscoides.	Raíz	PARCELA P-B PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	13:40:00
PT22000028	M-PLANTA -3 Festuca rigescens.	Raíz	PARCELA P-B PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	14:30:00
PT22000029	M-PLANTA -3 Festuca rigescens.	Tallo	PARCELA P-B PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	06/06/22	15:30:00

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.
M. Sc. Ingeniero Químico CP 114426

NH-18 N° 1907

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-PT-22-00011

Hoja de resultados

27/06/2022

Pág.: 2/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*5090 Li MT µg/Kg	*5090 Be MT µg/Kg	*5090 B MT µg/Kg	*5090 Na MT µg/Kg	*5090 Mg MT µg/Kg	*5090 Al MT µg/Kg	*5090 Si MT µg/Kg	*5090 P MT µg/Kg	*5090 K MT µg/Kg	*5090 Ca MT µg/Kg	*5090 Ti MT µg/Kg	*5090 V MT µg/Kg	*5090 Cr MT µg/Kg	*5090 Mn MT µg/Kg	*5090 Fe MT µg/Kg	*5090 Co MT µg/Kg	*5090 Ni MT µg/Kg	*5090 Cu MT µg/Kg	*5090 Zn MT µg/Kg	*5090 As MT µg/Kg	*5090 Se MT µg/Kg
PT22000025	M-PLANTA-2 Calamagrostis ovata	48,7	8,0	b<43	9 600	>50000	32 370	24 030	29 840	>60000	>60000	515,4	104,4	236,1	>1000	>60000	77,3	100,7	>850	>4000	66,5	98
PT22000026	M-PLANTA-2 Calamagrostis ovata	3,8	b<0,26	360	4 580	>50000	2 440	37 830	44 070	>60000	>60000	271,3	35,1	178,7	>1000	10 190	4,1	58,8	>850	3 110	26,0	135
PT22000027	M-PLANTA-1 Distichia muscidoides.	38,1	2,3	330	>50000	>50000	13 350	5 420	29 250	>60000	>60000	382,3	65,7	182,4	>1000	58 800	23,0	60,0	>850	>4000	45,8	222
PT22000028	M-PLANTA-3 Festuca rigescens.	180,7	22,9	b<43	13 480	>50000	>50000	8 160	26 000	>60000	>60000	857,4	325,0	302,5	>1000	>60000	207,5	117,4	>850	>4000	166,5	29
PT22000029	M-PLANTA-3 Festuca rigescens.	16,2	1,4	b<43	5 970	26 020	8 720	10 640	17 000	>60000	>60000	198,3	43,3	598,2	>1000	45 100	17,7	117,0	>850	>4000	34,6	51

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1908

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-PT-22-00011

Hoja de resultados

27/06/2022

Pág.: 3/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*5090 Sr MT µg/Kg	*5090 Mo MT µg/Kg	*5090 Ag MT µg/Kg	*5090 Cd MT µg/Kg	*5090 Sb MT µg/Kg	*5090 Ba MT µg/Kg	*5090 Hg MT µg/Kg	*5090 Tl MT µg/Kg	*5090 Pb MT µg/Kg	*5090 Th MT µg/Kg	*5089 U MT µg/Kg
PT22000025	M-PLANTA -2 Calamagrostis ovata	>850	46,0	44,6	112,0	35,7	401,1	>5	1,4	>1000	18,9	14,5
PT22000026	M-PLANTA -2 Calamagrostis ovata	>850	66,9	b<0,24	6,5	2,0	112,7	>5	b<0,25	>1000	b<0,50	b<0,47
PT22000027	M-PLANTA -1 Distichia muscooides.	>850	18,8	b<0,24	62,6	21,0	796,6	>5	b<0,25	>1000	6,2	5,3
PT22000028	M-PLANTA -3 Festuca rigescens.	815,2	54,4	b<0,24	416,5	74,3	791,3	>5	2,5	>1000	55,3	24,4
PT22000029	M-PLANTA -3 Festuca rigescens.	836,0	25,4	131,4	31,9	9,9	203,1	>5	b<0,25	>1000	5,1	3,4

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1909

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-22-00015

Hoja de datos

Pág: 1/2

Señores: YONI NARVAEZ TTITO
Dirección: CALLE SINCHI ROCA SIN BARRIO ALIANZA - SAN ANTON
Atención: YONI NARVAEZ TTITO

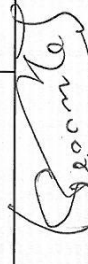
Proyecto: TESIS DE PREGRADO TITULADO: ESPECIES VEGETALES CON MAYOR POTENCIAL FITORREMEDIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS PROCEDENTES DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE PALCA, PUNO

Producto(s) Declarado(s): Sedimento
Nro de muestras: 1
Muestreo a cargo de(l): YONI NARVAEZ TTITO
Registro de muestreo: 011-22
Fecha de recepción: 13/06/2022
Fecha de ensayo: 13/06/2022
Fecha de emisión: 25/06/2022
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas
Observaciones : -----

Metodo de ensayo aplicado

METHOD 3051A MICROWAVE ASSISTED ACID DIGESTION OF SEDIMENTS, SLUDGES, SOILS, AND OILS ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd Ca, Cr, Co, Cu, Fe, *7046 Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, K, Se, Ag, Na, Sr, Ti, V, Zn)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
SD22000037	M-SUELO-P-A-1	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	319537 E 8302211 N	05/06/22	11:30 a. m.


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Gerente General
Sixto Vicente Juárez Neira

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con ningún estándar o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelSUR.com

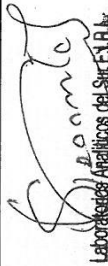
INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-22-00015

Hoja de resultados

25/06/2022

Pág.: 2/2

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7046 Ag MT mg/Kg	*7046 Al MT mg/Kg	*7046 As MT mg/Kg	*7046 B MT mg/Kg	*7046 Ba MT mg/Kg	*7046 Be MT mg/Kg	*7046 Ca MT mg/Kg	*7046 Cd MT mg/Kg	*7046 Co MT mg/Kg	*7046 Cr MT mg/Kg	*7046 Cu MT mg/Kg	*7046 Fe MT mg/Kg	*7046 Hg MT mg/Kg	*7046 K MT mg/Kg	*7046 Mg MT mg/Kg	*7046 Mn MT mg/Kg	*7046 Mo MT mg/Kg	*7046 Na MT mg/Kg	*7046 Ni MT mg/Kg	*7046 Pb MT mg/Kg	*7046 Sb MT mg/Kg	*7046 Se MT mg/Kg	*7046 Sr MT mg/Kg	*7046 Tl MT mg/Kg	*7046 V MT mg/Kg	*7046 Zn MT mg/Kg
SD22000037	M-SUELO-P-A-1	5.56	>10.000	30.68	9.6	49.5	≤0.32	1.013	2.644	4.97	12.67	276.6	>10.000	0.66	892.3	2.174	2.245	4.91	226.7	2.48	4.208	8.06	≤0.32	27.48	≤0.32	42.52	1.392


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
ING. Otilio C.J.P. 19474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1121

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-22-00016

Hoja de datos

Pág: 1/2

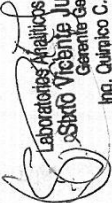
Señores: YONI NARVAEZ TTITO
Dirección: CALLE SINCHI ROCA S/N BARRIO ALIANZA - SAN ANTON
Atención: YONI NARVAEZ TTITO
Proyecto: TESIS DE PREGRADO TITULADO: ESPECIES VEGETALES CON MAYOR POTENCIAL FITORREMEDIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS PROCEDENTES DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE PALCA, PUNO

Producto(s) Declarado(s): Sedimento
Nro de muestras: 1
Muestreo a cargo de(l): YONI NARVAEZ TTITO
Registro de muestreo: 011-22
Fecha de recepción: 13/06/2022
Fecha de ensayo: 13/06/2022
Fecha de emisión: 25/06/2022
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas
Observaciones : -----

Método de ensayo aplicado

METHOD 3051A MICROWAVE ASSISTED ACID DIGESTION OF SEDIMENTS, SLUDGES, SOILS, AND OILS ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd Ca, Cr, Co, Cu, Fe, *7046 Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, K, Se, Ag, Na, Sr, Ti, V, Zn)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
SD22000038	M-SUELO-P-B-1	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	319725 E 8302213 N	06/06/22	12:00 p. m.


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Srto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

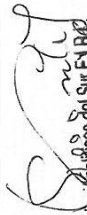
INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-22-00016

25/06/2022

Hoja de resultados

Pág.: 2/2

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7046 Ag	*7046 Al	*7046 AS	*7046 B	*7046 Ba	*7046 Be	*7046 Ca	*7046 Cd	*7046 Co	*7046 Cr	*7046 Cu	*7046 Fe	*7046 Hg	*7046 K	*7046 Mg	*7046 Mn	*7046 Mo	*7046 Na	*7046 Ni	*7046 Pb	*7046 Sb	*7046 Se	*7046 Sr	*7046 Tl	*7046 V	*7046 Zn
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
SD22000038	M-SUELO-P-B-1	33,66	>10.000	27,92	*<8,0	22,0	*<0,32	5.812	0,167	12,12	21,25	377,1	>10.000	*<0,16	624,6	4.394	>10.000	3,82	105,3	3,73	5.034	11,16	*<0,32	46,75	*<0,32	51,97	2.065


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Nella
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 10474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1123

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-22-00017

Hoja de datos

Pág: 1/2

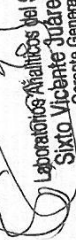
Señores: YONI NARVAEZ TTITO
Dirección: CALLE SINCHI ROCA SIN BARRIO ALIANZA - SAN ANTON
Atención: YONI NARVAEZ TTITO
Proyecto: TESIS DE PREGRADO TITULADO: ESPECIES VEGETALES CON MAYOR POTENCIAL FITORREMEDIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS PROCEDENTES DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE PALCA, PUNO

Producto(s) Declarado(s): Sedimento
Nro de muestras: 1
Muestreo a cargo de(l): YONI NARVAEZ TTITO
Registro de muestreo: 011-22
Fecha de recepción: 13/06/2022
Fecha de ensayo: 13/06/2022
Fecha de emisión: 25/06/2022
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas
Observaciones : -----

Método de ensayo aplicado

METHOD 3051A MICROWAVE ASSISTED ACID DIGESTION OF SEDIMENTS, SLUDGES, SOILS, AND OILS ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd Ca, Cr, Co, Cu, Fe, *7046 Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, K, Se, Ag, Na, Sr, Ti, V, Zn)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
SD22000039	M-SUELO-P-C-1	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	319851 E 8302217 N	06/06/22	12:50 p. m.


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 18474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.


Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-22-00017

Hoja de resultados 25/06/2022 Pág.: 2/2

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7046 Ag MT mg/Kg	*7046 Al MT mg/Kg	*7046 As MT mg/Kg	*7046 B MT mg/Kg	*7046 Ba MT mg/Kg	*7046 Be MT mg/Kg	*7046 Ca MT mg/Kg	*7046 Cd MT mg/Kg	*7046 Co MT mg/Kg	*7046 Cr MT mg/Kg	*7046 Cu MT mg/Kg	*7046 Fe MT mg/Kg	*7046 Hg MT mg/Kg	*7046 K MT mg/Kg	*7046 Mg MT mg/Kg	*7046 Mn MT mg/Kg	*7046 Mo MT mg/Kg	*7046 Na MT mg/Kg	*7046 Ni MT mg/Kg	*7046 Pb MT mg/Kg	*7046 Sb MT mg/Kg	*7046 Se MT mg/Kg	*7046 Sr MT mg/Kg	*7046 Tl MT mg/Kg	*7046 V MT mg/Kg	*7046 Zn MT mg/Kg
SD22000039	M-SUELO-P-C-1	24,75	5,452	25,29	<8,0	20,8	<0,32	3,833	3,650	10,00	23,04	254,1	>10 000	<0,16	512,3	2,366	9,126	3,54	96,9	3,49	6,651	7,89	<0,32	30,41	<0,32	40,47	2,857


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
ING. Químico C.I.P. 19474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 1131

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-22-00018

Hoja de datos

Pág: 1/2

Señores: YONI NARVAEZ TTITO
Dirección: CALLE SINCHI ROCA SIN BARRIO ALIANZA - SAN ANTON
Atención: YONI NARVAEZ TTITO
Proyecto: TESIS DE PREGRADO TITULADO: ESPECIES VEGETALES CON MAYOR POTENCIAL FITORREMEDIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS PROCEDENTES DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE PALCA, PUNO

Producto(s) Declarado(s): Sedimento
Nro de muestras: 1
Muestreo a cargo de(l): YONI NARVAEZ TTITO
Registro de muestreo: 011-22
Fecha de recepción: 13/06/2022
Fecha de ensayo: 13/06/2022
Fecha de emisión: 25/06/2022
Condiciones de recepción de la muestra: Adecuadas
Observaciones : -----

Metodo de ensayo aplicado

METHOD 3051A MICROWAVE ASSISTED ACID DIGESTION OF SEDIMENTS, SLUDGES, SOILS, AND OILS ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd Ca, Cr, Co, Cu, Fe, *7046 Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, K, Se, Ag, Na, Sr, Tl, V, Zn)

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
SD22000040	M-SUELO-T-A-B-C	PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA - PALCA / LAMPA / PUNO	Muestra fuera del área de influencia del contaminante. (MUESTRA BLANCA)	06/06/22	3:30 p. m.

Se
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Gerente General
Sixto Vicente Juárez Neira

Ing. Quinto C. D. 1877

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

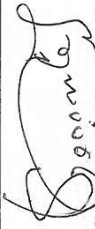
INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-22-00018

Hoja de resultados

25/06/2022

Pág.: 2/2

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7046 Ag mg/kg	*7046 Al mg/kg	*7046 As mg/kg	*7046 B mg/kg	*7046 Ba mg/kg	*7046 Be mg/kg	*7046 Ca mg/kg	*7046 Cd mg/kg	*7046 Co mg/kg	*7046 Cr mg/kg	*7046 Cu mg/kg	*7046 Fe mg/kg	*7046 Hg mg/kg	*7046 K mg/kg	*7046 Mg mg/kg	*7046 Mn mg/kg	*7046 Mo mg/kg	*7046 Na mg/kg	*7046 Ni mg/kg	*7046 Pb mg/kg	*7046 Sb mg/kg	*7046 Se mg/kg	*7046 Sr mg/kg	*7046 Tl mg/kg	*7046 V mg/kg	*7046 Zn mg/kg
SD22000040	M-SUELO-T-A-B-C	42.37	>10 000	23,73	*≤8.0	36,3	*≤0,32	3 342	*≤0,04	9,55	35,32	433,4	>10 000	*≤0,16	916,4	4 070	7 508	2,16	97,6	8,72	7 095	6,41	*≤0,32	33,90	*≤0,32	48,20	2 823


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicante Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 No 1133

Anexo 6.
Operacionalización de variables

variables	Dimensión	Indicadores	Índice
Independiente Especies altoandinas con mayor potencial fitorremediador	Identificación especies altoandinas con potencial fitorremediador	Grupo taxonómico	Clasificación taxonómica
	Capacidad de retención metales pesados en las plantas nativas	Capacidad de acumulación metales en raíz y tallo Factores bioconcentracion y translocación FBC _{raíz} = [Metal] _{Raíz} / [Metal] _{Suelo} FBC _{parte aérea} = [Metal] _{Aérea} / [metal] _{Suelo} FT = [Metal] _{Aérea} / [Metal] _{Raíz}	mg/kg
Dependiente metales pesados en suelo	Concentración de metales pesados totales	Pb, Hg, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Sb, Sr, Ti y Zn	mg/kg

Anexo 7.
Matriz de consistencia

PROBLEMÁTICA	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuáles son las especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador para suelos contaminados por metales pesados del pasivo ambiental minero de Palca, Puno?	Evaluar las especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador para suelos contaminados por metales pesados, del pasivo ambiental minero de Palca, Puno	Las especies vegetales altoandinas evaluadas posee potencial fitorremediador en el suelo contaminado por metales pesados del pasivo ambiental minero de Palca, Puno.	INDEPENDIENTES: Especies vegetales altoandinas	Metales pesados (Al, As, Cd, Cr, Hg, Pb, Sn, Mn, Zn, Sb)	Actividad 1: Reconocimiento y selección del área, estudio: Actividad 2: Inventario y registro de especies Actividad 3: Toma de muestra de suelo. Actividad 4: Preparación de muestra. Actividad 5: Análisis químico de metales Actividad 6: Procesamiento y análisis de datos Actividad 7: cuantificación capacidad de retención de metales Actividad 8: Calculo TF Calculo BCF
ESPECÍFICOS					
¿Cuáles son las especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador que se desarrollan en el suelo contaminado del pasivo ambiental minero de Palca?	Identificar las especies vegetales altoandinas con potencial fitorremediador que se desarrollan en el suelo contaminado del pasivo ambiental minero de Palca.	Las especies vegetales altoandinas identificadas tienen potencial fitorremediador para el suelo contaminado del pasivo ambiental minero.	DEPENDIENTES: Metales pesados en los suelos contaminados	Concentración de metales pesados en la hoja y raíz. Factor de bioconcentración Factor de translocación	
¿Cuál es la concentración metales pesados en la raíz y la parte aérea de las especies vegetales altoandinas?	Evaluar la concentración metales pesados en la raíz y la parte aérea de las especies vegetales altoandinas.	Las especies vegetales altoandinas mostraron una alta concentración de metales pesados en la raíz y la parte aérea en función del factor de bioconcentración y factor de translocación, lo cual tienen potencial para su uso en fitoextracción y fitoestabilización			
¿Cuál es la concentración de los metales pesados en el suelo contaminado por pasivo ambiental minero de Palca?	Determinar la concentración de los metales pesados en el suelo contaminado por pasivo ambiental minero de Palca.	El suelo contaminado por pasivo ambiental minero, mostró alta concentración metales pesados.			

Anexo 8.
Juicio de expertos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

APellidos y nombres : CHOQUEHUANCA SOTO JOSE DOMINGO
GRADO ACADÉMICO : DOCTOR
INSTITUCIÓN QUE LABORA : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN : "ESPECIES VEGETALES CON MAYOR POTENCIAL FITORREMIADOR PARA SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS DEL PASIVO AMBIENTAL MINERO DE PALCA, PUNO"
AUTOR DEL INSTRUMENTO : NARVAEZ TITO YONI
MENCIÓN : FICHA DE REGISTRO
NOMBRE DEL INSTRUMENTO : FICHA DE REGISTRO DE TRANSECCION AL PASO

CRITERIOS DE APLICABILIDAD :

- a) De 1 a 9 (no valida, reformular)
- b) De 10 a 12: (no valida, modificar)
- c) De 12 a 15: (valido. Mejorar)
- d) De 15 a 18: (valido, precisar)
- e) De 18 a 20: (valido, aplicar)

II. ASPECTOS PARA EVALUAR:

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS CUALITATIVOS CUANTITATIVOS	DEFICIENTE (1-9)	REGULAR (10-12)	BUENO (12-15)	MUY BUENO (15-18)	EXCELENTE (18-20)
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	está formulado con lenguaje apropiado					X
OBJETIVIDAD	está expresado con conductas observables					X
ACTUALIDAD	adecuada al avance de la ciencia y la tecnología					X
ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
INTENCIONALIDAD	adecuado para valorar los aspectos de estudios					X
CONSISTENCIA	Basado en el aspecto teórico científico y del tema de estudio				X	
COHERENCIA	entre las variables, dimensiones y variables					X
METODOLOGÍA	la estrategia responde al propósito del estudio					X
CONVENIENCIA	genera nuevas pautas para la investigación					X
Sub total						
total						

VALORACIÓN CUANTITATIVA (total x 0.4) : 79.4 (Valido, aplicar)

VALORACIÓN CUALITATIVA : _____

OPINIÓN DE APLICABILIDAD : _____

Lugar y fecha: JULIACA 03 DE JUNIO DEL 2022

Jose Domingo Choquehuanca Soto
INGENIERO AGRÓNOMO, D. Sc.
Reg. CIP N° 34371

firma y post firma del experto

DNI: 02406360



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

"Universidad Pública de Calidad"