

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**COMPORTAMIENTO DE PLANTAS ALTOANDINAS ADAPTADAS
A DEPÓSITOS DE RELAVES Y DESMONTES DE LA COMPAÑÍA
MINERA LINCUNA, U.E.A. HUANCAPETÍ – ANCASH, 2024**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTADA POR:

Br. DEPAZ REYES, Tatiana Graciela

ASESOR:

Dr. PALOMINO CADENAS, Edwin Julio

HUARAZ-PERÚ

2025





"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el Auditorio de la Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM) de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), 1er. Piso - Pabellón J - Ciudad Universitaria - Independencia - Huaraz, de conformidad a la normatividad vigente procesan el acto académico público de sustentación y defensa de la tesis "COMPORTAMIENTO DE PLANTAS ALTOANDINAS ADAPTADAS A DEPÓSITOS DE RELAVES Y DESMONTES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA, U.E.A. HUANCAPETÍ - ANCASH, 2024" que presenta DEPAZ REYES TATIANA GRACIELA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental


En seguida, después de haber atendido la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, lo declaramos:

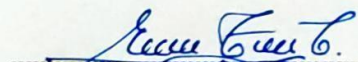
Aprobada con Distinción.


Con el calificativo de: *DIECISIETE (17.)*

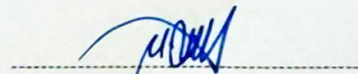
En consecuencia, DEPAZ REYES TATIANA GRACIELA, queda expedita para que el Consejo de Facultad de la FCAM-UNASAM apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° y 4ta. disposición complementaria del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM).

Huaraz, 22 de abril de 2025


Dr. PEDRO LIBERATO VALLADARES JARA
Jurado de tesis (presidente)


Dr. ELADIO GUILLERMO TUYA CASTILLO
Jurado de tesis (1er. miembro)


Dr. MARIO VLADIMIR LEYVA COLLAS
Jurado de tesis (2do. miembro)


Dr. EDWIN JULIO PALOMINO CADENAS
Asesor de tesis

CONFORMIDAD DE TESIS PARA IMPRESIÓN Y EMPASTADO

Los miembros de jurado de tesis, Dr. PEDRO LIBERATO VALLADARES JARA (presidente), Dr. ELADIO GUILLERMO TUYA CASTILLO (1er. miembro) y Dr. MARIO VLADIMIR LEYVA COLLAS (2do. miembro)

HACEMOS CONSTAR:

Que, **TATIANA GRACIELA DEPAZ REYES**, con código Universitario **141.0605.026**, tesista de la EPIA-FCAM-UNASAM; ha sustentado y defendido con éxito el 22/04/2025 la tesis "**COMPORTAMIENTO DE PLANTAS ALTOANDINAS ADAPTADAS A DEPÓSITOS DE RELAVES Y DESMONTES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA, U.E.A. HUANCAPETÍ - ANCASH, 2024**". Asimismo, consta en el acta haber aprobado con el calificativo de Diecisiete (17) y sin observaciones para edición y empastado. Por tanto, el jurado de tesis, autoriza para su **IMPRESIÓN y EMPASTADO** de conformidad al formato establecido por el repositorio institucional.


Huaraz, 05 de mayo de 2025.



Dr. **PEDRO LIBERATO VALLADARES JARA**
Presidente
Jurado de Tesis



Dr. **ELADIO GUILLERMO TUYA CASTILLO**
Primer miembro
Jurado de Tesis



Dr. **MARIO VLADIMIR LEYVA COLLAS**
Segundo Miembro
Jurado de Tesis

C.c.:
- Arch.



CONSTANCIA 17-2025-UI-FCAM–UNASAM EVALUACIÓN DE SIMILITUD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo hace constar que:

La versión final de la tesis **“COMPORTAMIENTO DE PLANTAS ALTOANDINAS ADAPTADAS A DEPÓSITOS DE RELAVES Y DESMONTES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA, U.E.A. HUANCAPETÍ – ANCASH, 2024”**, de **DEPAZ REYES TATIANA GRACIELA**, identificado con **DNI N° 76424283**, tras ser sometido a revisión mediante la plataforma de evaluación de similitud por su asesor el Dr. **Edwin Julio Palomino Cadenas**, conforme el Artículo 11° del Reglamento de Originalidad y/o Grado de Similitud de la Producción Académica, Científica e Investigativa de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Resolución de Consejo Universitario N° 126-2022-UNASAM, tiene una **similitud del 11%**.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que estime pertinente.

Huaraz, 05 de mayo de 2025.



Ph.D Edwin Anibal Loarte Cadenas
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACION
FCAM - UNASAM

CC. Archivo

Adjunto: Informe de similitud antiplagio de su Asesor

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM
ANEXO 1
INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

COMPORTAMIENTO DE PLANTAS ALTOANDINAS ADAPTADAS A DEPÓSITOS DE
RELAVES Y DESMONTES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA, U.E.A. HUANCAPETÍ
– ANCASH, 2024

Presentado por: TATIANA GRACIELA DEPAZ REYES

con DNI N°: 76424283

para optar el Título Profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de :11..... de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).

Porcentaje		Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda <input type="radio"/>
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 29/04/2025


FIRMA

Apellidos y Nombres: EDWIN JULIO PALOMINO CADENAS

DNI N°: 31674598

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

TATIANA GRACIELA DEPAZ REYES

COMPORTAMIENTO DE PLANTAS ALTOANDINAS ADAPTADAS A DEPÓSITOS DE RELAVES Y DEMONTES DE LA COMPAÑÍA M...

 Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::8100:454046239

Fecha de entrega

29 abr 2025, 3:47 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

29 abr 2025, 3:50 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS FINALvf_29042025 .docx

Tamaño de archivo

26.2 MB

158 Páginas

28.345 Palabras

143.972 Caracteres




11% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 10 words)
- ▶ Submitted works
- ▶ Crossref database
- ▶ Crossref posted content database

Top Sources

- 11%  Internet sources
- 3%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

DEDICATORIA

A Dios, por darme fortaleza, sabiduría y guiar mi camino en esta aventura.

A mi mamá Tina, mis padres Violeta y Raúl y hermanos por ser mi motivación e inspiración en seguir adelante cumpliendo mis objetivos.

A mi compañero de vida, por el apoyo incondicional en mis metas y proyectos.

AGRADECIMIENTOS

A mis tíos por el apoyo constante en la elaboración de mi proyecto.

A mis amigos y compañeros del área de Medio Ambiente Lincuna por las experiencias brindadas y su apoyo en la ejecución de mi proyecto.

A mi asesor el Dr. Julio Palomino por su guía y apoyo en todo el desarrollo de mi proyecto de tesis y a los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por los conocimientos y enseñanzas brindadas en mi formación profesional.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el comportamiento de plantas altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes de la Compañía Minera Lincuna, U.E.A. Huancapetí - Ancash, 2024.

El desarrollo de esta investigación constó de cuatro etapas: la identificación taxonómica de especies altoandinas en la cual se colectó primero muestras de los 6 especímenes para su herborización y posterior identificación en el Herbario Truxillenses, el muestreo de plantas con sus respectivos substratos en los depósitos de relaves y desmontes de la Compañía Minera Lincuna así como el muestreo de ambos depósitos sin presencia de plantas, el análisis químico para hallar la concentración de metales pesados en las muestras colectadas y por último, la determinación del comportamiento fitorremediador (Fitoestabilizador, fitoextractor) de cada planta nativa en base a los Factores de Bioconcentración y Traslocación.

Las concentraciones más altas de metales pesados acumulados por las 6 plantas altoandinas fueron el Al, As, Fe, Mg, Mn y Zn, y las más bajas, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb y Sr, su acumulación final fue en mayor proporción en el substrato seguido por la raíz, por la cual mostraron un comportamiento fitoestabilizador de estos metales, con excepción de las plantas del depósito de desmontes, *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818, *Senecio ayapatensis* Sch. Bip. ex Wedd. 1856 y *Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd. 1856, las cuales mostraron mayor acumulación de cadmio y estroncio en la parte aérea, indicando un comportamiento fitoextractor. *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954 fue la planta que mejor se comportó respecto a la acumulación de más tipos de metal, sin embargo, fue *Dactylis glomerata* L. 1753 según los FBC y FT la que mostró ser más eficaz para la fitoestabilización de metales, siendo la segunda planta más vigorosa y la única en acumular Níquel.

Se concluye que las plantas altoandinas estudiadas en este proyecto cuentan con los mecanismos de tolerancia hacia los metales por lo que pueden utilizarse para la fitorremediación de áreas perturbadas por actividades mineras.

Palabras clave: Fitorremediación, plantas altoandinas, depósito de relaves, depósito de desmontes.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the behavior of high Andean plants adapted to tailings and waste deposits of the Lincuna Mining Company, U.E.A. Huancapetí - Ancash, 2024.

The development of this research consisted of four stages: the taxonomic identification of high Andean species in which samples of the 6 specimens were first collected for herbalization and subsequent identification in the Truxillenses Herbarium, the sampling of plants with their respective substrates in the tailings and waste from the Lincuna Mining Company as well as the sampling of both deposits without the presence of plants, the chemical analysis to find the concentration of heavy metals in the samples collected and finally, the determination of the phytoremediation behavior (Phytostabilizer, phytoextractor) of each native plant based on the Bioconcentration and Translocation Factors.

The highest concentrations of heavy metals accumulated by the 6 high Andean plants were Al, As, Fe, Mg, Mn and Zn, and the lowest were Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb and Sr, their final accumulation was in greater proportion in the substrate followed by the root, by which they showed a phytostabilizing behavior of these metals, with the exception of the plants from the waste rock deposit, *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818, *Senecio ayapatensis* Sch. Beep. former Wedd. 1856 and *Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd. 1856, which showed greater accumulation of cadmium and strontium in the aerial part, indicating a phytoextractive behavior. *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954 was the plant that performed best with respect to the accumulation of more types of metal, however, it was *Dactylis glomerata* L. 1753 according to the FBC and FT that was shown to be most effective for the phytostabilization of metals, being the second most vigorous plant. and the only one to accumulate Nickel.

It is concluded that the high Andean plants studied in this project have tolerance mechanisms towards metals so they can be used for the phytoremediation of areas disturbed by mining activities.

Keywords: Phytoremediation, high Andean plants, tailings deposit, waste rock deposit.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE	6
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABLAS.....	11
CAPÍTULO I.....	12
INTRODUCCIÓN	12
1.1.OBJETIVOS.....	13
1.1.1. GENERAL	13
1.1.2. ESPECÍFICOS	13
1.2.HIPÓTESIS.....	14
1.3.VARIABLES	15
CAPÍTULO II.....	16
MARCO TEÓRICO.....	16
2.1.ANTECEDENTES.....	16
2.2.BASES TEÓRICAS.....	18
2.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	33
CAPÍTULO III.....	36
MARCO METODOLÓGICO	36
3.1.DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	36
3.1.1. DEPÓSITO DE RELAVES	38
3.1.2. DEPÓSITO DE DESMONTES	40
3.2.TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.3.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	42

3.4. MÉTODOS O TÉCNICAS	43
3.4.1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECIES.....	43
3.4.2. MUESTREO DE PLANTAS, SUBSTRATOS Y DEPÓSITOS SIN VEGETACIÓN.....	46
3.4.3. ANÁLISIS QUÍMICO.....	52
3.4.4. COMPORTAMIENTO FITORREMIADOR DE LAS PLANTAS	55
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	58
3.5.1. POBLACIÓN	58
3.5.2. MUESTRA	58
3.6. INSTRUMENTOS VALIDADOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	58
3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN	59
CAPÍTULO IV.....	60
RESULTADOS.....	60
4.1. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS DEPÓSITOS DE RELAVES Y DESMONTES	60
4.2. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS PLANTAS	64
4.3. DESTINO DE ACUMULACIÓN DE METALES	71
4.4. FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN (FBC)	73
4.5. FACTOR DE TRASLOCACIÓN (FT)	82
4.6. VIGOR DE LAS PLANTAS	89
4.7. COBERTURA VEGETAL SEGÚN FOSBERG	91
4.8. PROPUESTA DEL USO DE PLANTAS ALTOANDINAS SEGÚN EL COMPORTAMIENTO QUE POSEEN, PARA LA FITORREMIACIÓN DE DEPÓSITOS MINEROS DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA, U.E.A. HUANCAPETÍ - ANCASH, 2024.....	95
CAPÍTULO V.....	101
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	101

5.1. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS DEPÓSITOS DE RELAVES Y DESMONTES, PLANTAS (RAÍZ Y PARTE AÉREA) Y SUBSTRATOS.....	101
5.2. FACTORES DE BIOCONCENTRACIÓN Y TRASLOCACIÓN DE METALES PESADOS DE PLANTAS ALTOANDINAS ADAPTADAS A DEPÓSITOS DE RELAVES Y DESMONTES	103
CAPÍTULO VI.....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
6.1. CONCLUSIONES	106
6.2. RECOMENDACIONES.....	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
ANEXOS	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Datos históricos de Pasivos Ambientales Mineros por año en el Perú..	20
Figura 2. Cantidad de Pasivos Ambientales Mineros por región en el Perú.....	20
Figura 3. Tabla periódica anotaciones de relevancia en el estudio de los suelos	23
Figura 4. Compartimentalización de los metales pesados en el suelo	24
Figura 5. Técnicas de recuperación de suelos	25
Figura 6. Tipos de fitorremediación	29
Figura 7. Concentración de metales en la planta	32
Figura 8. Mapa de ubicación del área de estudio.....	37
Figura 9. Depósito de relaves de la UEA Huancapetí	38
Figura 10. Área que presenta vegetación en el depósito de relaves.....	39
Figura 11. Área que presenta vegetación en el depósito de desmontes.....	41
Figura 12. Diseño de la investigación.....	42
Figura 13. Colecta de plantas con inflorescencias	43
Figura 14. Acondicionamiento para el traslado de plantas a Huaraz	44
Figura 15. Muestreo de plantas en los depósitos de relaves y desmontes	46
Figura 16. Muestreo de substrato de las plantas en los depósitos de relaves y desmontes.....	47
Figura 17. Mapa de muestreo en el depósito de relaves.....	50
Figura 18. Mapa de muestreo en el depósito de desmontes.....	51
Figura 19. Pretratamiento de plantas en el laboratorio de la FCAM.....	53
Figura 20. Pretratamiento de substratos en el laboratorio de la FCAM.....	53
Figura 21. Concentración promedio de metales pesados en el depósito de relaves sin la presencia de plantas y los substratos de las plantas.	63
Figura 22. Concentración promedio de metales pesados en el depósito de desmontes sin la presencia de plantas y los substratos de las plantas.....	64
Figura 23. Concentraciones altas promedio de metales en la parte aérea de las plantas.....	67
Figura 24. Concentraciones bajas promedio de metales en la parte aérea de las plantas.....	68
Figura 25. Concentraciones altas promedio de metales en la raíz de las plantas	69

Figura 26. Concentraciones bajas promedio de metales en la raíz de las plantas.	70
Figura 27. Acumulación de metales en <i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	72
Figura 28. Acumulación de metales en <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	72
Figura 29. Acumulación de metales en <i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954.....	72
Figura 30. Acumulación de metales en <i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818	72
Figura 31. Acumulación de metales en <i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	72
Figura 32. Acumulación de metales en <i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	72
Figura 33. Factor de Bioconcentración en la raíz de las plantas del depósito de relaves.....	78
Figura 34. Factor de Bioconcentración en la raíz de las plantas del depósito de desmontes.....	78
Figura 35. Factor de Bioconcentración de Al y Fe en la raíz de las plantas.....	79
Figura 36. Factor de Bioconcentración en la parte aérea de las plantas del depósito de relaves.....	80
Figura 37. Factor de Bioconcentración en la parte aérea de las plantas del depósito de desmontes.....	80
Figura 38. Factor de Bioconcentración de Ba, Cu y Sr en la parte aérea de las plantas.....	81
Figura 39. Factor de Traslocación de las plantas del depósito de relaves	86
Figura 40. Factor de Traslocación de las plantas del depósito de desmontes	86
Figura 41. Factor de Traslocación de Sr de las plantas	87
Figura 42. Vigor de las plantas.....	90
Figura 43. Concentración de metales en los depósitos de relaves y desmontes sin presencia de plantas	91
Figura 44. Cobertura vegetal del depósito de relaves de la UEA Huancapetí.....	92
Figura 45. Cobertura vegetal del depósito de desmontes de la UEA Huancapetí	92
Figura 46. Cobertura vegetal en el depósito de relaves	93
Figura 47. Cobertura vegetal en el depósito de desmontes	94
Figura 48. Coberturas en la rehabilitación de ambos depósitos.....	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	15
Tabla 2. Metales pesados en concentraciones deficiente, normales y fitotóxicos en la parte aérea de la planta (mg/kg).....	23
Tabla 3. Ventajas y desventajas de la fitorremediación	27
Tabla 4. Ubicación geográfica.....	36
Tabla 5. Accesibilidad	36
Tabla 6. Codificación de plantas colectadas	44
Tabla 7. Resultados de la identificación taxonómica de plantas	45
Tabla 8. Ubicación de los puntos de muestreo en el depósito de relaves.....	48
Tabla 9. Ubicación de los puntos de muestreo en el depósito de desmontes.....	49
Tabla 10. Determinación de metales pesados en la investigación.....	54
Tabla 11. Instrumentos validados de recolección de datos.....	59
Tabla 12. Concentración de metales totales en el depósito de relaves.....	61
Tabla 13. Concentración de metales pesados totales en el depósito de desmontes	62
Tabla 14. Concentración de metales pesados totales en las plantas del depósito de relaves.....	65
Tabla 15. Concentración de metales pesados totales en las plantas del depósito de desmontes.....	66
Tabla 16. Factor de Bioconcentración en la raíz de las plantas	74
Tabla 17. Factor de Bioconcentración en la parte aérea de las plantas.....	75
Tabla 18. Medias del Factor de Bioconcentración en la parte aérea y raíz	76
Tabla 19. Clasificación de plantas según su Factor de Bioconcentración.....	77
Tabla 20. Factor de Traslocación de las plantas.....	83
Tabla 21. Medias del Factor de Traslocación de las plantas.....	84
Tabla 22. Clasificación de plantas según su Factor de Traslocación	85
Tabla 23. Especies más eficaces para la fitorremediación de metales	88
Tabla 24. Correlación de Pearson.....	89
Tabla 25. Determinación del vigor de las plantas.....	89
Tabla 26. Especies para la fitorremediación de los depósitos de relaves y desmontes.....	97

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas de la actividad minera es la generación de residuos como los depósitos de relaves y desmontes los cuales tienen una alta concentración de metales (The Mining Association of Canada, 2019) por lo que su manejo y cierre debe ser estricto y responsable. Tal es el caso de los pasivos ambientales mineros (PAMs) generados por actividades mineras antiguas que actualmente son una gran fuente de contaminación, pudiendo ocasionar daños irreversibles en la salud humana y ecosistemas. Según el inventario de Pasivos Ambientales Mineros (PAMs) actualizado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en el 2023 se registraron 6128 PAMs en todo el Perú, siendo Ancash la región con mayor número de PAMs con un total de 1015, lo que nos convierte en una de las regiones con mayores impactos ambientales (R.M. N°510-2023-MINEM/DM, 2023).

Por lo mencionado, el estado peruano cuenta con normativa respecto a la recuperación de estas áreas perturbadas. En ellas se establecen medidas de descontaminación las cuales comprenden técnicas de remediación como la fitorremediación, la cual se basa en el empleo de especies para remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar los metales (D.S. N°012-2017-MINAM, 2017).

Diversos investigadores como Wenzel et al. (1999), Medina & Montano (2014), Espinoza et al. (2010), Dávila & Walter (2018), Huaranga (2019), entre otros, determinaron que diversas plantas altoandinas que se han adaptado y desarrollado de manera natural en depósitos de residuos mineros evidencian un comportamiento fitorremediador (fitoestabilizador, fitoextractor) de metales pesados, las cuales podrían utilizarse en la remediación y recuperación de estas áreas perturbadas.

Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento de seis plantas altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes de la Compañía Minera Lincuna, U.E.A. Huancapetí - Ancash, 2024, en base a la evaluación de factores de traslocación y bioconcentración de metales pesados, llegando a la conclusión que las plantas altoandinas evaluadas muestran un comportamiento fitorremediador de metales pesados por lo que pueden utilizarse para la fitorremediación de áreas perturbadas por actividades mineras.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. GENERAL

Determinar el comportamiento de plantas altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes de la Compañía Minera Lincuna, U.E.A. Huancapetí - Ancash, 2024.

1.1.2. ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar la concentración de metales pesados (Aluminio, arsénico, bario, cadmio, cromo, cobre, hierro, mercurio, magnesio, manganeso, níquel, plata, plomo, antimonio, estaño, estroncio, talio y zinc) en depósitos de relaves y desmontes de la Compañía Minera Lincuna, U.E.A. Huancapetí - Ancash, 2024.

- ✓ Determinar la concentración de metales pesados (Aluminio, arsénico, bario, cadmio, cromo, cobre, hierro, mercurio, magnesio, manganeso, níquel, plata, plomo, antimonio, estaño, estroncio, talio y zinc) en la raíz y parte aérea de plantas altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes de la Compañía Minera Lincuna, U.E.A. Huancapetí - Ancash, 2024.

- ✓ Determinar el factor de bioconcentración de metales pesados (Aluminio, arsénico, bario, cadmio, cromo, cobre, hierro, mercurio, magnesio, manganeso, níquel, plata, plomo, antimonio, estaño, estroncio, talio y zinc) de plantas altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes de la Compañía Minera Lincuna, U.E.A. Huancapetí - Ancash, 2024.

- ✓ Determinar el factor de traslocación de metales pesados (Aluminio, arsénico, bario, cadmio, cromo, cobre, hierro, mercurio, magnesio, manganeso, níquel, plata, plomo, antimonio, estaño, estroncio, talio y zinc) de plantas altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes de la Compañía Minera Lincuna, U.E.A. Huancapetí - Ancash, 2024.

- ✓ Proponer el uso de plantas altoandinas según el comportamiento que poseen, para la fitorremediación de depósitos mineros de la Compañía Minera Lincuna, U.E.A. Huancapetí - Ancash, 2024.

1.2. HIPÓTESIS

Considerando que Wenzel et al. (1999) describen la adaptación y desarrollo de manera natural de plantas altoandinas en depósitos de residuos mineros, formulamos la siguiente hipótesis:

Las plantas altoandinas adaptadas al escenario de depósitos de relaves y desmontes y de la Compañía Minera Lincuna, U.E.A. Huancapetí, muestran un comportamiento fitorremediador (fitoestabilizador, fitoextractor) de metales pesados, por lo tanto, pueden utilizarse en la remediación y recuperación de estas áreas perturbadas.

1.3. VARIABLES

A continuación, se presenta la operacionalización de variables en la Tabla 1:

Tabla 1
Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Depósitos de relave y desmonte Variable independiente	Concentración de metales pesados en los depósitos de relave y desmonte.	Metales pesados: Antimonio, arsénico aluminio, bario, cadmio, cobre, cromo, estaño, estroncio, hierro, mercurio, magnesio, manganeso, níquel, plata, plomo, talio y zinc	mg/Kg	- Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS). - Espectrometría de emisión óptica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES).	- Laboratorio para análisis de metales pesados en suelo. - Espectrofotómetro.
	Vegetación	Cobertura	Categórica	Método de Fosberg.	- Ficha de campo.
Comportamiento de plantas altoandinas Variable dependiente	Factor de Bioconcentración (FBC).	Concentración de metales pesados en la planta/Concentración de metales pesados en el sustrato.	Numérica	Cuadros comparativos.	Microsoft Excel.
	Factor de Traslocación (FT).	Concentración de metales pesados en la parte aérea de la planta/Concentración de metales pesados en la raíz de la planta.	Numérica	Cuadros comparativos.	Microsoft Excel.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

En el trabajo de investigación de Medina & Montano (2014) sobre la “*Determinación del factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados en el Juncus arcticus Willd y Cortaderia rudiusscula Stapf, de áreas contaminadas con el pasivo ambiental minero Alianza - Ancash 2013*”, se obtuvieron resultados que mostraron que la *Cortaderia rudiusscula Stapf* es una planta fitoextractora de Zn y Mn, y fitoestabilizadora de Cu, Ag y Ni; mientras que, el *Juncus arcticus Willd* es una planta fitoextractora de Cd, Zn, Mn, y Ni, y fitoestabilizadora de Al, As, Cu, Fe, Sb y Ag. Finalmente recomiendan el uso de *Cortaderia rudiusscula Stapf* para la recuperación de cobertura vegetal de desmontes, y el *Juncus arcticus Willd* para el tratamiento en humedales de drenaje ácido de roca o mina.

Según Ñáñez (2016), en su proyecto de investigación “*Estudio y selección de especies vegetales con potencial biorremediador en drenajes ácidos de roca y relaves minerales de la cuenca del río Santa (Áncash, Perú)*”, identificó plantas nativas con potencial biorremediador, caracterizándolas como indicadoras, tolerantes o hiperacumuladoras de metales en áreas de relaves mineros, desmontes y drenaje de ácido de roca; asimismo, evaluó la concentración de metales en tejidos aéreos, raíces y suelos. Obteniendo como resultado: plantas hiperacumuladoras (*Distichia muscoides*, Poaceae, *Juncus bufonius*, *Calamagrostis brevifolia*, *Penicetum clandestinum*, *Huperzia crassa*, *C. glacialis* y *C. ligulata*) y plantas tolerantes (*Calamagrostis ligulata*, *Festuca dolichophylla*, *C. brevifolia*, *C. glacialis*, *J. bufonius*, *Juncus arcticus*, *Werneria sp.*, *Distichia muscoides*, *Huperzia crassa*, y *Medicago polymorpha*) a metales como aluminio, arsénico, boro, cromo, manganeso, mercurio, cobre, cadmio, hierro, níquel, plata y plomo. Concluye sugiriendo que estas plantas pueden ser utilizadas para recuperar suelos contaminados por metales.

En el trabajo investigación de Dávila & Walter (2018) sobre la “Capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos mineros El Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, Cajamarca - Perú 2017”, determinó mediante los factores de traslocación y bioconcentración que las especies *Carex pichinchensis*, *Calamagrostis tarmensis*, *Lachemilla orbiculata*, *Juncus conglomeratus* y *Paspalum bonplandianum*, son fitoextractoras de Mn y Mg; de igual forma, solo *Lachemilla orbicula* es fitoextractora de Sr y Zn; *Calamagrostis tarmensis* es fitoestabilizadora de Ti, así como *Paspalum bonplandianum* de Cr, Sb y Zn, *Lachemilla orbiculada* de Cd y Mn, *Carex pichinchensis* de Zn, y *Juncus conglomeratus* de Cr, Cd y Zn.

Según Mendieta & Taisigüe (2014), en su proyecto de investigación “Acumulación y traslocación de metales, metaloides y no metales en plantas nativas de la zona minera de Chontales: Implicaciones para el potencial de fitorremediación”, seleccionaron plantas nativas para ser utilizadas en la fitorremediación de sitios contaminados mediante el factor de bioconcentración y factor de traslocación. Las especies *C. odorantus*, *E. colona* y *Digitaria sanguinalis* tuvieron un FBC mayor a uno para Al, Cd, Cr, Cu, y Zn; mientras que las especies con mayor potencial para acumular Ag fueron *Setaria liebmannii*, *D. sanguinalis*, *P. conjugatum*, *Thelypteris sp.*, *E. colona*, *C. odorantus*, *T. serrulata*, *E. indica* y *Verbena sp*, presentando esta última un FBC mayor a ocho para Hg, con una mayor acumulación en sus raíces. *Mimosa púdica*, *Cyperus luzulae* y *Oldenlandia sp* presentaron altas concentraciones de Hg en las hojas. Por último, *Paspalum conjugatum* presentó una distribución uniforme de Cr en todos sus órganos vegetativos (raíz, hoja, tallo, flores).

2.2. BASES TEÓRICAS

El Perú es un país con grandes recursos económicos naturales. Gracias a su riqueza, la minería es uno de los sectores económicos más importantes del Perú (Montoya, 2023). ComexPerú (2023) refiere que la minería desempeña un papel fundamental en el impulso de la economía nacional, cuenta con un gran potencial para promover el crecimiento y el desarrollo económico, a partir de una mayor producción, empleo e ingresos. Es así como, nuestro país se beneficia enormemente de la minería, por ejemplo, la minería metálica representó aproximadamente el 8.7% del PBI durante la última década y contribuyó con cerca del 60% de las exportaciones, de acuerdo con el Banco Central de Reserva del Perú (ComexPerú, 2023).

Sin embargo, a pesar de la gran importancia de la minería, su transformación y expansión territorial en el país ha venido acompañada de riesgos ambientales y conflictos sociales, causando daños colaterales, principalmente representados en áreas perturbadas por actividades mineras como los pasivos ambientales que fueron generados hace varias décadas (Hurtado & Sanborn, 2021).

Según la historia, la minería es la actividad que el hombre realiza para extraer y utilizar los recursos minerales de la naturaleza para su aprovechamiento, esta actividad se realiza desde las más remotas edades, en su alimentación (sal común), manifestaciones artísticas, armas y artefactos primitivos para la vida doméstica y productiva y en el Perú, esta actividad se realizó desde la época preincaica, entre los años 900 y 500 a.c. es así como, la metalurgia más antigua del Perú se le asigna a la cultura Chavín, quienes comienzan a trabajar el oro mezclado con plata y cobre (Tumialán, 2003).

De esta forma, la minería en el Perú se ha ido desarrollando a lo largo de los años y en todas las épocas de su historia, es así como, Arana et al. (2016) refieren que la minería fue una de las actividades económicas que mayor impulso cobró en el Virreinato peruano durante el siglo XVII. Asimismo,

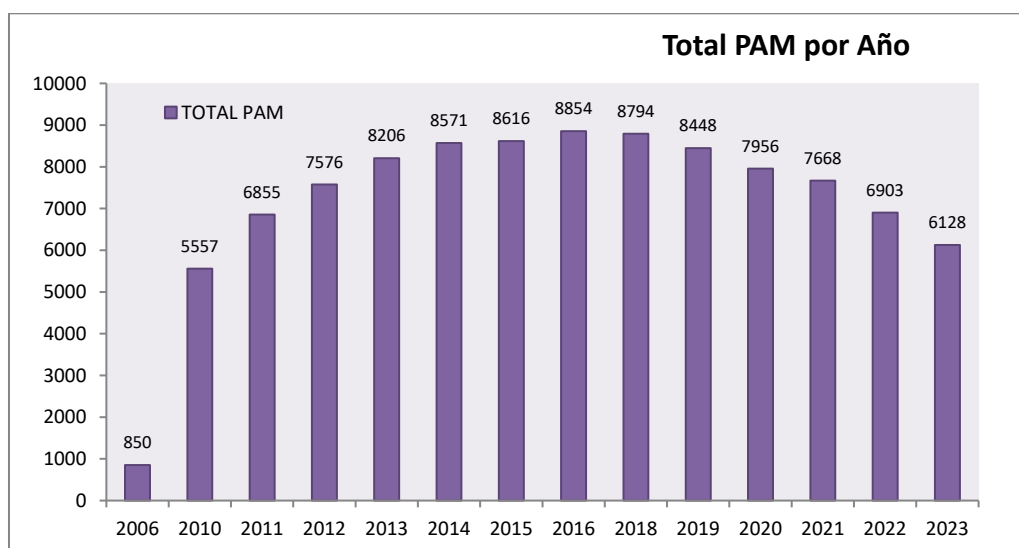
Contreras (2010) refiere que, durante la Colonia, algunas minas fueron abandonadas, bien por agotamiento del yacimiento, costos o por limitaciones tecnológicas, y para fines de esta etapa, se tenían registradas 1 124 minas de plata detenidas y 57 de oro, lo que indica que para el periodo de 1750-1850 ya se contaba con una cantidad importante de pasivos ambientales mineros. De igual manera, Aquino (2017) menciona que, la aparición de nuevas tecnologías de beneficio del mineral va asociado con el incremento de impactos al ambiente y la salud, es así como inicialmente, los principales impactos estaban asociados al aire y suelo, y a medida que se incrementó las técnicas de explotación, se incrementaron los impactos a los cuerpos de agua y la salud humana.

Asimismo, Hurtado & Sanborn (2021) consideran que 1,6 millones de peruanos viven en lugares que se encuentran a alrededor de cinco kilómetros de una mina antigua o en operación, de los cuales dos tercios se encuentran cerca de 29 clusters mineros y conocer los impactos de esta actividad es una preocupación mayor.

Por ello, uno de los temas de mayor relevancia en la actualidad corresponde a la remediación de áreas perturbadas por actividades mineras como son los pasivos ambientales mineros. Los pasivos ambientales son definidos por la Ley N°28271 Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera (2004), como aquellas instalaciones, emisiones, efluentes, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, que en la actualidad se encuentran abandonadas o inactivas y constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, los ecosistemas y la propiedad. De acuerdo con el MINEM (2023) la cifra de pasivos ambientales en el país asciende a 6128 de los cuales el 91% no tiene responsables identificados.

Figura 1

Datos históricos de Pasivos Ambientales Mineros por año en el Perú.

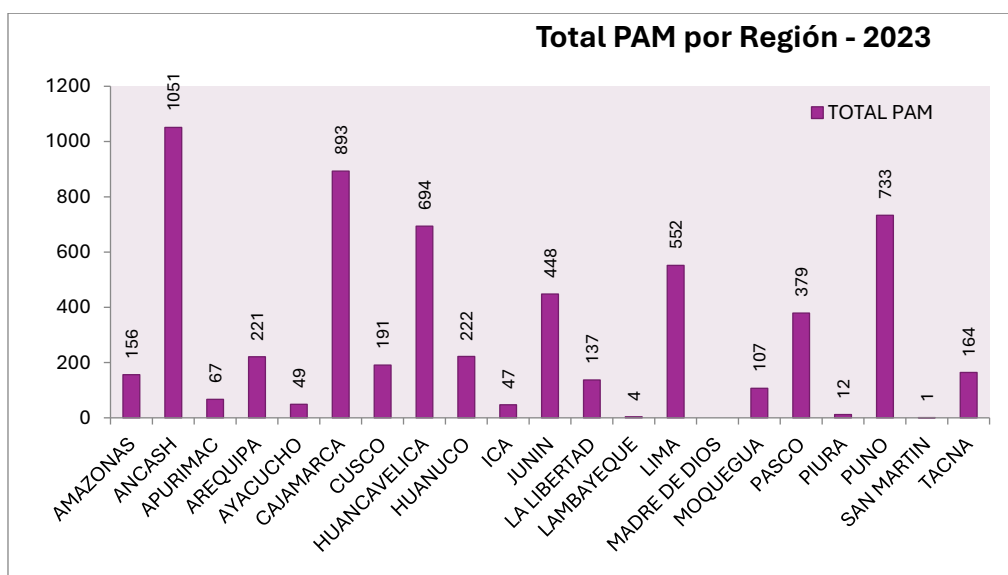


Fuente: Inventario Nacional de PAMs – MINEM (2023).

Como se observa en la Figura 1, la cantidad de PAMs en el Perú ha ido variando a lo largo de los años. En el 2023 Ancash fue la región que contó con el mayor número de PAMs con un total de 1015 (Ver Figura 2) lo que nos convierte en la región con mayores impactos ambientales.

Figura 2

Cantidad de Pasivos Ambientales Mineros por región en el Perú



Fuente: Inventario Nacional de PAMs – MINEM (2023).

En el Perú se cuenta con normativa ambiental que regula las actividades mineras, tenemos instrumentos de gestión ambiental como el Plan de Cierre de Minas el cual está conformado por acciones técnicas y legales, destinado a establecer medidas que se deben adoptar a fin de rehabilitar el área utilizada o perturbada por la actividad minera para que esta alcance características de ecosistemas compatibles con un ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación paisajística, la cual debe ser efectuada por los titulares mineros (Ley N°28090-MINEM, 2003).

De acuerdo con la Guía para la elaboración de Planes de Cierre de Minas, el cierre de depósitos de residuos como relaves y desmontes de manera resumida incluye las siguientes actividades (MINEM, 2006):

- Estabilidad física: Referida a las actividades para incrementar la estabilidad física, como rebajado de taludes, colocación de bermas de pie y mejora de la protección contra la erosión, reubicación de relaves, cubiertas de agua y granulares, y colocación de cobertura de suelo.
- Estabilidad geoquímica: Referida a una caracterización geoquímica de todos diferentes tipos de relave y desmonte como la concentración de metales, monitoreo de la calidad del agua del drenaje, balance ácido base (ABA), descripción del sistema de manejo de aguas subterráneas y superficiales, y de todas las actividades a realizar para evitar o disminuir la generación de drenaje ácido.
- Manejo de aguas: Referido a la estabilidad hidrológica, como mejoras en propuestas de instalaciones de transporte de agua para el manejo de aguas de lluvia o su rediseño, diseño para la protección de la erosión en los taludes por drenaje de agua de los depósitos, tales como construcción de aliviaderos.
- Establecimiento de la forma del terreno: Referido a la descripción de los usos de la tierra culminado el cierre, las restricciones al uso, propiedades de los materiales de cada tipo de relieve, medidas para conservar la

estabilidad de estos relieves, garantizar la seguridad y salud pública y prevenir las descargas catastróficas, desbroce y manejo del suelo, y capacidad de uso de los suelos después de la rehabilitación.

- Revegetación: Considerar el área total superficial que requiere de revegetación, las **especies que se usarán durante la rehabilitación, priorizando el uso de especies nativas**, pruebas de crecimiento de las especies potenciales, métodos de reserva y recolección de semillas, como las diferentes técnicas de mantenimiento, sustratos, pendientes, uso de invernaderos locales o invernaderos especialmente contruidos para abastecer al proyecto, cantidad de plántones o semilla (por especie) que se requieren para abastecer el proyecto, indicar de qué manera los ecosistemas rehabilitados simulan a los ecosistemas naturales existentes previos a la alteración del terreno, productividad esperada de estos ecosistemas, diseño de ecosistemas de modo que no requieran mantenimiento y sean autosostenibles, **la revegetación deberá estar sustentada en estudios que sustenten el adecuado desarrollo y permanencia de las medidas de revegetación en el largo plazo** (MINEM, 2023).
- Programas sociales: Referido a los impactos sociales y económicos relacionados con el cierre.

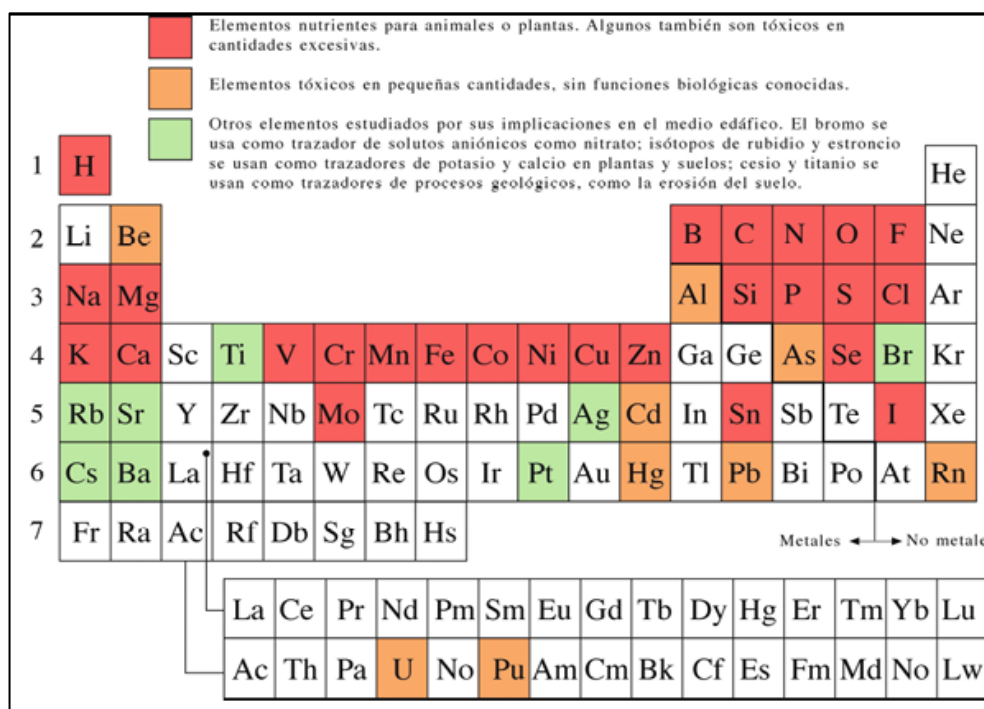
También, se cuenta con normativa referente a técnicas de remediación de áreas perturbadas las cuales tienen por objeto eliminar o reducir los contaminantes del sitio hasta alcanzar los ECA o los niveles de fondo en el caso de suelos (D.S. N°012-2017-MINAM, 2017).

Respecto a los metales pesados en suelos, Diez (2008) menciona que el término “metal pesado” se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a 5 g/cm^3 o que tienen un peso atómico por encima de 20, es así que se han utilizado otros términos como “metal tóxico” o “elemento traza”, sin que ninguno de ellos se refiera a los mismos elementos, en cualquier caso, parece que el término de “metal pesado” puede

ser utilizado de una forma globalizadora para referirse a aquellos metales clasificados como contaminantes ambientales; los metaloides, por su parte, poseen características intermedias entre los metales y los no metales de acuerdo con sus propiedades de enlace e ionización; Metaloides como el As, Se o Sb también pueden constituir importantes contaminantes ambientales.

Figura 3.

Tabla periódica con anotaciones de relevancia en el estudio de los suelos



Fuente: Diez, 2008.

Tabla 2

Metales pesados en concentraciones deficiente, normales y fitotóxicos en la parte aérea de la planta (mg/kg)

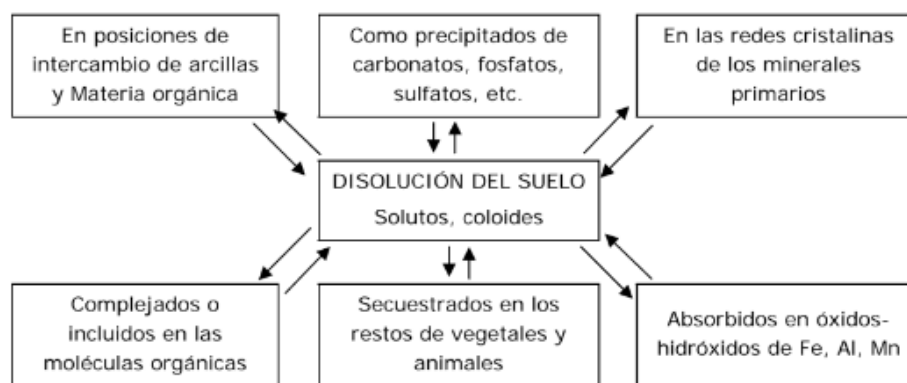
Metal	Deficiente	Normal	Fitotóxico
Cobre	1-5	3-30	20-100
Cadmio	No esencial	0.05-1.0	5-700
Plomo	No esencial	0.5-10	30-300
Zinc	10-20	10-150	100-1500
Fierro	40-150	30-300	500-1000

Fuente: Medina & Montano, 2014.

En cuanto a la movilidad y biodisponibilidad de metales, Diez (2008) menciona que las formas químicas en las que se encuentran los metales en el suelo y en gran medida la movilidad y biodisponibilidad que presentan viene determinada por el conjunto de los diferentes componentes del suelo, así como los factores químicos, físicos y biológicos que influyen en la reactividad de esos componentes; asimismo, los elementos traza de un suelo se reparten entre una fracción soluble en agua, en posiciones intercambiables de arcillas y materia orgánica, unidos a óxidos, carbonatos, sulfatos y fosfatos, complejados en materia orgánica y dentro de las redes cristalinas de la fracción residual, tal como se observa en la Figura 4, el equilibrio de los metales entre los diferentes componentes del suelo viene regulado por una serie de procesos bióticos y abióticos que gobiernan su comportamiento y determinan su permanencia en un compartimento u otro, es decir, su especiación biogeoquímica.

Figura 4.

Compartimentalización de los metales pesados en el suelo



Fuente: Diez, 2008.

Reddy et al. (1999), mencionan que para la remediación de suelos se dispone de un amplio abanico de técnicas, algunas de aplicación habitual y otras todavía en fase experimental, diseñadas para aislar o destruir las sustancias contaminantes alterando su estructura química mediante procesos generalmente químicos, térmicos o biológicos. Su aplicación dependerá del contaminante y las características del suelo, así como de la eficacia esperada

con cada tratamiento, viabilidad económica y tiempo estimado para su desarrollo.

Ortiz et al. (2007), por su parte mencionan que según la forma en la que se apliquen las técnicas de remediación se tiene tratamientos in situ, que actúan sobre los contaminantes en el lugar en el que se localizan, y tratamientos ex situ, que requieren la excavación previa del área perturbada para su posterior tratamiento, ya sea en el mismo lugar o en instalaciones externas que requieren el transporte del material contaminado. Los tratamientos in situ requieren menos manejo y son menos costosos, pero los ex situ son más rápidos, y consiguen usualmente una recuperación más completa de la zona perturbada. En la Figura 5 se muestran las diferentes técnicas de recuperación y/o remediación de suelos.

Figura 5

Técnicas de recuperación de suelos

<i>Tipo de Tratamiento</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Aplicación</i>	
Descontaminación	Físico-Químico	Extracción	In situ
		Lavado	Ex situ
		Flushing	In situ
		Electrocinética	In situ
		Adición de enmiendas	In situ
		Barreras permeables activas	In situ
		Inyección de aire comprimido	In situ
		Pozos de recirculación	In situ
		Oxidación ultravioleta	Ex situ
	Biológico	Biodegradación asistida	In situ
		Biotransformación de metales	In situ
		Fitorrecuperación	In situ
		Bioventing	In situ
		Landfarming	Ex situ
Biopilas		Ex situ	
Compostaje		Ex situ	
Térmico	Incineración	Ex situ	
	Desorción térmica	Ex situ	
Mixto	Extracción multifase	In situ	
	Atenuación natural	In situ	
Contención	Barreras verticales	In situ	
	Barreras horizontales	In situ	
	Barreras de suelo seco	In situ	
	Sellado profundo	In situ	
	Barreras hidráulicas	In situ	
Confinamiento	Estabilización físico-química	Ex situ	
	Inyección de solidificantes	In situ	
	Vitrificación	Ex situ-In situ	

Fuente: Ortiz et al. (2007)

Asimismo, Ortiz et al. (2007) refieren que hay un interés creciente por los métodos de remediación biológicos ya que prometen tecnologías más sencillas, más baratas y respetuosas con el ambiente que otros tratamientos en los que los contaminantes son simplemente extraídos y transportados a otros lugares. Uno de estos métodos es la fitorremediación o también llamada fitorrecuperación la cual se basa en el empleo de especies tolerantes a los metales y se utilizan para reducir, remover, mineralizar, transformar, volatilizar, degradar o estabilizar los contaminantes.

Clemente et al. (2005) definen la fitorremediación como una técnica que utiliza la capacidad de ciertas especies vegetales para sobrevivir en ambientes contaminados con metales pesados y sustancias orgánicas y a la vez extraer, acumular, inmovilizar o transformar estos contaminantes del suelo; asimismo, las plantas utilizadas presentan mecanismos constitutivos y adaptados para tolerar o acumular un elevado contenido de metales en su rizosfera y tejidos. Para que este tratamiento sea exitoso, se debe tener controlado la selección de las especies vegetales para recuperar un suelo determinado, así también seleccionar enmiendas que permitan mejorar las propiedades del suelo, fomentar la supervivencia y el crecimiento de las plantas.

Además, Ortiz et al. (2007) describen esta técnica de remediación como un tratamiento natural, limpio y económico, alternativo a otros procesos físicos y químicos más invasivos, es una opción viable para un desarrollo sostenible y para mitigar los problemas ambientales de contaminación del suelo; sin embargo, tiene ventajas y desventajas tal como se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Ventajas y desventajas de la fitorremediación

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Se puede realizar <i>in situ</i> y <i>ex situ</i>• Se realiza sin necesidad de trasportar el sustrato contaminado, con lo que se disminuye la dispersión de contaminantes a través del aire o del agua.• Es una tecnología sustentable.• Es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos.• Es de bajo costo.• No requiere personal especializado para su manejo.• No requiere consumo de energía• Sólo requiere de prácticas agronómicas convencionales.• Actúa positivamente sobre el suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, debido a la formación de una cubierta vegetal.• Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable.	<ul style="list-style-type: none">• En especies como los árboles o arbustos, la fitorremediación es un proceso relativamente lento.• Se restringe a sitios de contaminación superficial dentro de la rizosfera de la planta.• El crecimiento de las plantas está limitado por concentraciones toxicas de contaminantes, por lo tanto, es aplicable a ambientes con concentraciones bajas de contaminantes.• En el caso de la fitovolatilización, los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente.• Los contaminantes acumulados en maderas pueden liberarse por procesos de combustión.• No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras.

Fuente: Ghosh y Singh (2005)

Según Saxena et al. (1999), un eficiente sistema de fitorremediación requiere de especies vegetales que cumplan dos prerequisites: tolerar y tener la capacidad de acumular (absorción, detoxificación y secuestro) metales, y poseer la habilidad de sobrevivir a más de un metal en el medio de crecimiento.

Wenzel et al. (1999), Medina & Montano (2014), Espinoza et al. (2010), Dávila & Walter (2018) y Huaranga (2019), determinaron que diversas plantas altoandinas que se han adaptado y desarrollado de manera natural en áreas perturbadas por actividades mineras evidencian un comportamiento

fitorremediador de metales pesados; de acuerdo con Wenzel et al. (1999) este comportamiento se da mediante procesos básicos de contención (fitoestabilización) o eliminación (fitoextracción, fitodegradación, fitovolatilización y rizofiltración) de contaminantes por los que las plantas pueden ser empleadas en la recuperación de suelos y aguas contaminadas. Estos procesos son los siguientes:

- Fitoestabilización. Según Cristaldi et al. (2017), reduce la movilidad del contaminante y previene la migración al agua subterránea, reduciendo la biodisponibilidad en la cadena trófica, los usos se encuentran para contaminantes de Pb, As, Cd, Cr, Cu y Zn; Ortiz et al. (2007) refieren que esto se realiza mediante la producción de compuestos químicos en la interfaz suelo-raíz que inactiven las sustancias tóxicas, ya sea por procesos de absorción/adsorción o precipitación para reducir el riesgo para el ambiente y la salud humana.
- Fitoextracción. Según Cristaldi et al. (2017), se emplea la capacidad de las plantas para extraer el contaminante (principalmente metales) y acumularlo en sus hojas, tallos o raíces, y las plantas que se realizan este proceso deben poseer la habilidad de acumular contaminantes y producir biomasa. Además, Ortiz et al. (2007) refieren que, una vez terminado el proceso, las plantas son retiradas junto con el contaminante y destruidas o recicladas.
- Fitodegradación. Según Ortiz et al. (2007), consiste en la degradación de los contaminantes por la acción de las plantas y de los microorganismos asociados a ellas, los contaminantes son metabolizados dentro de los tejidos vegetales y las plantas producen enzimas, como la dehalogenasa y la oxigenasa, que ayudan a catalizar la degradación; en el caso de la rizodegradación la degradación tiene lugar alrededor de las raíces de las plantas en contribución con las poblaciones rizomicrobianas, las raíces liberan sustancias naturales que son nutrientes de los microorganismos

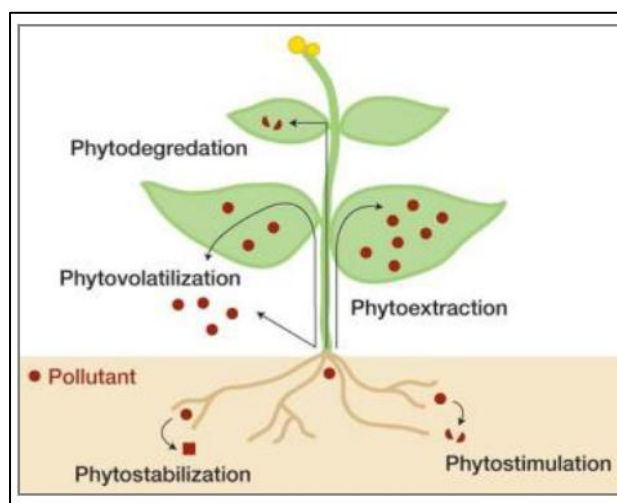
asociados como bacterias, hongos y levaduras, estimulando su actividad biológica.

- Fitovolatilización. Cristaldi et al. (2017) lo definen como el proceso en que los contaminantes son absorbidos a nivel de las raíces, transportados a través del xilema y liberados a la atmósfera desde las partes aéreas de las plantas, en una forma menos tóxicas como resultado de la modificación metabólica, puede ser aplicada a los contaminantes presentes en el suelo, sedimentos y agua, especialmente para contaminantes orgánicos como los tetracloroetano, triclorometano y tetraclorometano y únicamente para ciertos metales como el Hg y Se, que tienen una volatilidad relativamente alta.
- Rizofiltración. Ortiz et al. (2007), mencionan que es un mecanismo de fitorremediación basado en el uso de raíces de plantas con alta tasa de crecimiento y área superficial para absorber, concentrar y precipitar metales de aguas residuales contaminadas.

Estos procesos se representan en la Figura 6.

Figura 6

Tipos de fitorremediación



Fuente: Pilon-Smits (2005)

Baker & Walker (1990) refieren que muchas plantas toleran las elevadas concentraciones de metales en el suelo porque restringen su absorción y/o traslocación hacia las hojas (estrategia de exclusión); sin embargo, otras los absorben y acumulan activamente en su biomasa aérea (estrategia acumuladora), lo que requiere una fisiología altamente especializada; asimismo, Alegre (2020) refiere que cuando las plantas están expuestas a altos contenidos de metales pesados pueden presentar problemas fisiológicos, tales como reducción del tamaño y vigor en su crecimiento (raíces y demás órganos), de tal manera que su comportamiento y desarrollo normal se ve afectado.

Según León (2017), el comportamiento fitorremediador de las plantas de acuerdo a diferentes contaminantes ya ha sido evaluado, y se han obtenido algunas relaciones óptimas como el comportamiento fitoextractor, fitoestabilizador en la remediación de metales pesados. Por otro lado, Medina & Montano (2014), refieren que, existen ciertos factores (factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados) que permiten conocer estos comportamientos, lo cual evidencian la capacidad que tienen las plantas para absorber y traslocar metales del suelo a la parte aérea. Por ello, en esta investigación se calcularán los siguientes factores:

A. Factor de Bioconcentración (FBC). Según López & Morales (2022), es también referido como índice de acumulación y se usa para medir la capacidad de captar un metal por una planta ya sea en su parte aérea o raíz, y su relación con la concentración del metal en el suelo. Para las plantas el FBC se utiliza para medir la eficiencia de acumulación de metales en biomasa, en la que valores mayores a 1 indican que las especies son potencialmente hiperacumuladoras y FBC menores a 1 indican especies exclusoras:

- Factor de bioconcentración en las raíces de la planta. Yoon et al. (2006), refieren que se calcula como la relación entre la concentración

de metales en la raíz de la planta respecto a la concentración de metales en el suelo.

- Factor de bioconcentración en las partes aéreas de las plantas. Vyslouzilova et al. (2003), refieren que es la proporción del elemento contenido en la parte aérea de la planta con respecto al suelo.

B. Factor de Traslocación (FT). Es la relación entre la concentración de metales en el órgano de interés (tallo, hojas, flores, semillas o frutos) y la concentración en la raíz, en donde valores mayores a 1 sugieren gran capacidad para transportar metales desde las raíces hasta los vástagos, explicada mayormente por eficientes sistemas de transporte de metales y, probablemente, por el secuestro de metales en las vacuolas de las hojas y en el apoplasto (López & Morales, 2022). Las plantas que no son acumuladoras tienen una más alta concentración de metal en raíces que en las partes aérea de las plantas. Por otro lado, Audet & Charest (2007), refieren que un valor del factor de traslocación mayor a 1 indica una eficiente traslocación del metal en brotes, por lo que la planta puede usarse con fines de fitoextracción.

Cuando el factor de traslocación es menor a 1, la traslocación del metal es baja, por lo que éste es retenido principalmente por las raíces y puede usarse para fitoestabilización:

- $TF > 1$, significa que la planta traslada eficazmente los metales pesados de la raíz a la parte aérea de la planta (Audet & Charest, 2007).
- $TF < 1$, significa que la planta no traslada eficazmente los metales pesados de la raíz a la parte aérea de la planta (Audet & Charest, 2007).

Según Prieto et al. (2009) la respuesta fisiológica de las plantas a los metales pesados del suelo varía de la especie de la planta, de los metales presentes y de las concentraciones en el suelo. Estas respuestas fisiológicas

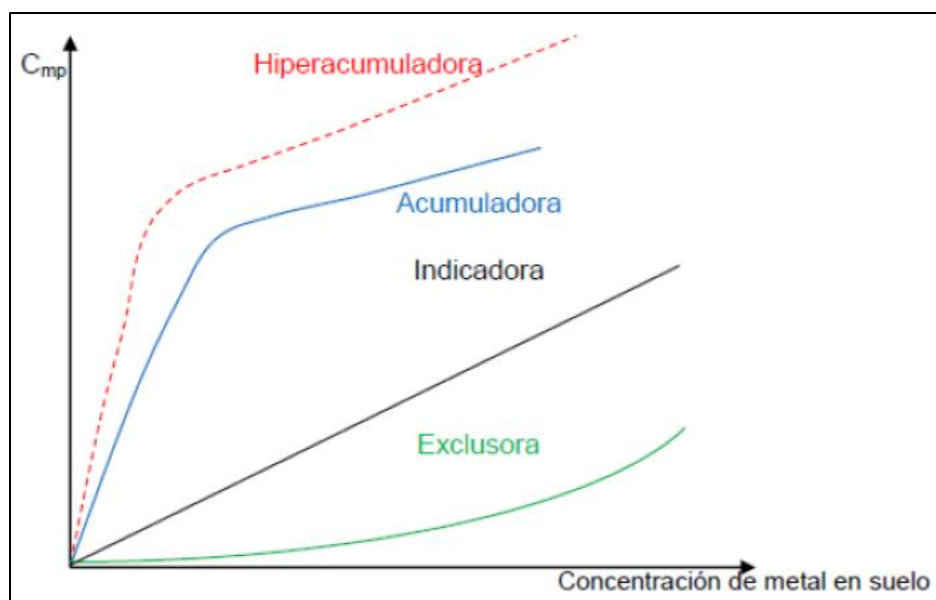
se clasifican en excluyentes, indicadoras y acumuladoras, en donde las plantas excluyentes presentan menor acumulación de metales en la parte aérea de la planta en comparación a las concentraciones del suelo; las plantas indicadoras muestran una relación lineal de concentraciones del metal en la parte aérea y en el suelo; y las plantas acumuladoras presentan una mayor acumulación en la parte aérea en concentraciones superiores a las presentes en el suelo (Audet & Charest, 2007) .

En el caso de la concentración de los metales pesados, las plantas son consideradas hiperacumuladoras, cuando tienen en su parte aérea según Prieto et al. (2009), concentraciones mayores a:

- 100 mg/Kg para Cd.
- 1000 mg/Kg para Al, As, Co, Cu, Cr, Ni, Se, Pb.
- 10000 mg/Kg para Zn y Mn.

Figura 7

Concentración de metales en la planta



Fuente: Prieto et al. (2009).

En esta investigación también se evaluó la cobertura vegetal de las especies adaptadas a depósitos mineros mediante la escala de cobertura de Fosberg (Colma & Matteucci, 1982) (cerrado: las copas o vástagos se tocan; abierto: las copas o vástagos no se tocan pero cubren por lo menos el 30% de la superficie, y disperso: la distancia entre las copas o vástago es el doble de su diámetro), lo cual permitió conocer el porcentaje de vegetación en cada depósito y contribuyó a un mejor análisis del comportamiento de las plantas.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Biodisponibilidad:** Es definida como el grado de libertad en que se encuentra un elemento o compuesto de una fuente potencial para ser capturado por un organismo (ingerido o adsorbido), en donde usualmente sólo una fracción pequeña de una sustancia potencialmente contaminante de un medio, es biodisponible, y su efecto suele ser negativo, pero también puede ser indiferente para un organismo específico; esta biodisponibilidad de un elemento está en función de la forma química y física en la que se encuentra en el medio; y la capacidad de los organismos para absorberlo o ingerirlo, estos elementos a su vez pueden ser acumulados en el organismo hasta tres, cuatro o cinco órdenes de magnitud mayores que la concentración del medio donde viven (Galán & Romero , 2008).
- **Biorremediación:** Consiste en el empleo de organismos vivos para eliminar o neutralizar contaminantes del suelo o del agua, siendo un método que utiliza diferentes seres vivos para recuperar recursos naturales que están contaminados, bajo el principio de que por naturaleza propia estos organismos pueden degradar ciertos compuestos (Ortiz et al., 2007).
- **Cobertura vegetal:** Es la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada, expresada como porcentaje de la superficie total, la cual ha sido utilizada con mucha frecuencia como medida de la abundancia de los atributos de la comunidad, especialmente cuando la estimación de la densidad resulta difícil por la ausencia de límites netos visibles entre los

individuos como ocurre en los pastizales, esta variable es factible de evaluación subjetiva (Colma & Matteucci, 1982).

- **Depósito de desmonte:** Son estructuras diseñadas en base a ingeniería para el manejo de desmonte, acondicionadas para este propósito y son monitoreados continuamente, pues al contener pequeñas cantidades de mineral podrían generar compuestos químicos por el contacto con el agua o el aire, en tal sentido al finalizar el ciclo de vida de la mina, los desmontes son generalmente revegetados para integrarlos nuevamente al ambiente (SNMPE, 2008).
- **Depósito de relave:** Conjunto de equipos, componentes y estructuras diseñadas en base a ingeniería para el manejo de sólidos de relaves y las aguas asociadas a estos depósitos lo que incluye el agua intersticial, lagunas artificiales, aguas superficiales y escorrentía además de otros residuos mineros tratados junto con los relaves (p. ej., roca estéril, residuos del tratamiento de aguas) (The Mining Association of Canada, 2019).
- **Desmonte:** Son los desechos que se generan producto de los trabajos realizados para llegar a la zona donde se encuentra el mineral, es el material estéril o mineral de baja ley que se obtiene al momento de realizar el corte de mineral en la operación de mina o que es obtenido como material de desbroce para acceder al mineral; este material de desmonte no ha pasado por ningún proceso, son sólo rocas con pequeño contenido metálico y tierra removida por lo que no ocasionan mayor efecto sobre el medio ambiente (SNMPE, 2008).
- **Elemento disponible:** Es un elemento libre y en disolución en un suelo, los contaminantes pueden abandonar un suelo por volatilización, disolución, lixiviado o erosión, y pasar a los organismos cuando pueden ser asimilables, lo que normalmente ocurre cuando se encuentran en forma más o menos soluble (Galán & Romero , 2008).
- **Fitorremediación:** Es el uso de plantas para remediar ambientes contaminados. Se utilizan diferentes tipos de plantas en suelos, agua o sedimentos para transformar los contaminantes, sea mediante la remoción, destrucción, transferencia o estabilización de estos (Ortiz et al., 2007).

- **Metal pesado:** elemento metálico que presenta una densidad superior a 5 g/cm³, aunque a efectos prácticos en estudios medioambientales se amplía esta definición a todos aquellos elementos metálicos o metaloides, de mayor o menor densidad, que aparecen comúnmente asociados a problemas de contaminación (Galán & Romero , 2008).
- **Pasivo ambiental minero:** Son aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, que en la actualidad están abandonadas o inactivas y constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad, y se pueden expresar en labores mineras, residuos, infraestructura y edificaciones y áreas de almacenamiento de productos químicos (Ley N° 28271, 2004).
- **Plantas altoandinas:** Los pastos altoandinos que conforman las pasturas naturales o praderas altoandinas son las áreas cubiertas por una vegetación herbácea (predominantemente de gramíneas, ciperáceas y rosáceas) y que varían en su composición fundamentalmente de acuerdo con la humedad del suelo, exposición y características edafológicas como textura y contenido de materia orgánica (Tapia & Flores, 1984).
- **Relaves:** Son subproductos de la minería generados durante los procesos de separación del material de valor de su roca o suelo de origen, y también son referidos comúnmente como jales o colas (The Mining Association of Canada, 2019).
- **Substrato:** En biología, es el lugar que sirve de asiento a una planta o un animal fijo (Diez, 2008).
- **Suelo contaminado:** La contaminación del suelo consiste en una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo como consecuencia de la acumulación de sustancias tóxicas en unas concentraciones que superan el poder de amortiguación natural del suelo y que modifican negativamente sus propiedades (López & Morales, 2022).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a los depósitos de residuos mineros como son el depósito de relaves y desmontes de la Unidad Económica Administrativa (U.E.A.) Huancapetí de la Compañía Minera Lincuna S.A., la cual se ubica geográficamente entre las provincias de Aija y Recuay, distritos Aija y Recuay correspondientemente, de la región Ancash tal como se observa en la Figura 8, y se localiza en las coordenadas UTM mostradas en la Tabla 4. Esta compañía minera inició sus operaciones en el año 2016 con autorización de producción de hasta 3,000 TPD (Toneladas por día) (Compañía Minera Lincuna, 2024).

Tabla 4
Ubicación geográfica

Depósito de residuos mineros	Coordenadas UTM WGS84			Distrito
	Este	Norte	Altitud	
Depósito de relaves	222378	8921008	4530 m.s.n.m.	Recuay
Depósito de desmontes	218992	8919290	4050 m.s.n.m.	Aija

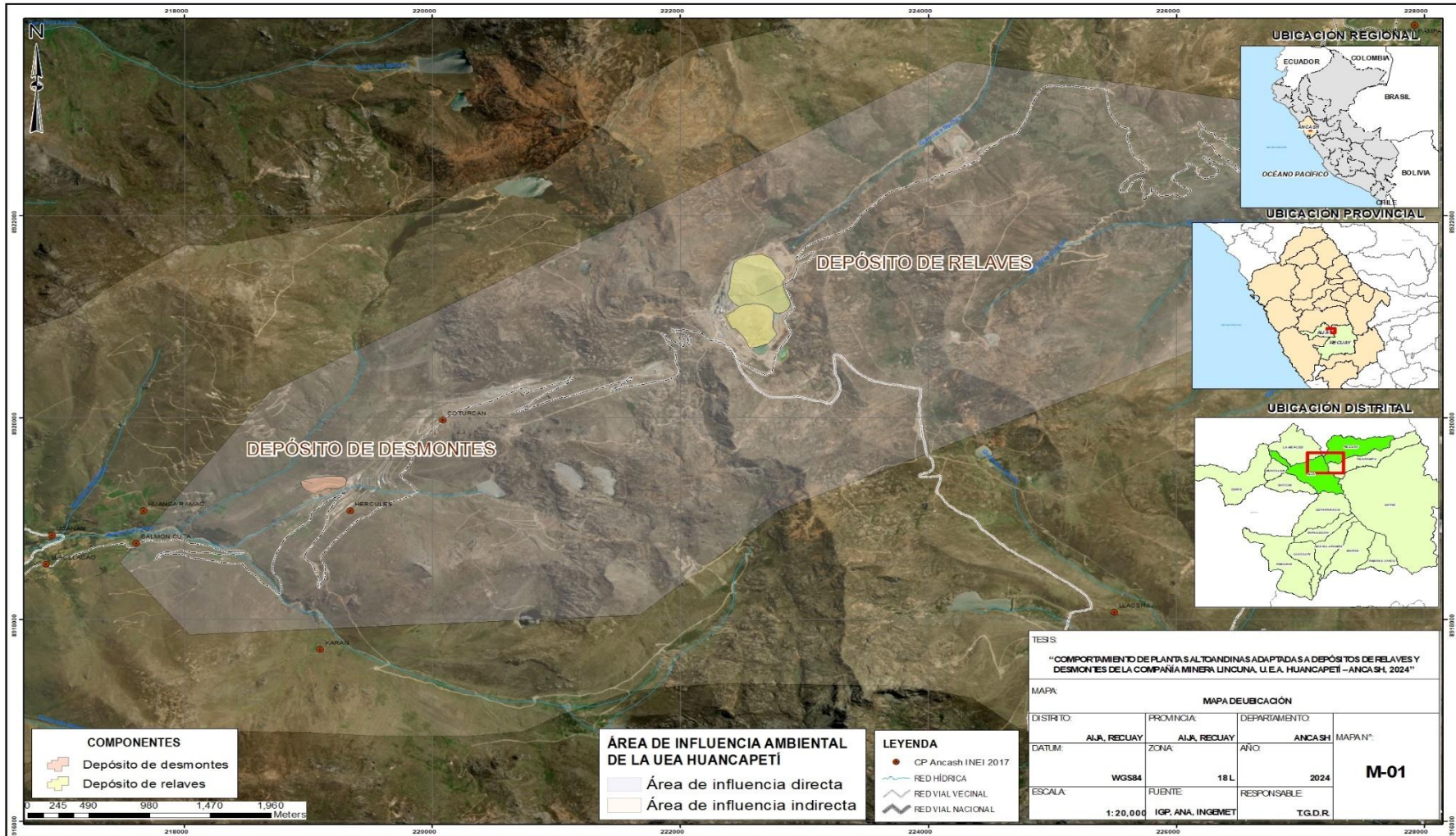
Tomando como referencia la plaza de armas de Huaraz, la vía para llegar al área de estudio en evaluación se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5
Accesibilidad

Inicio	Fin	Medio	Tipo de vía	Distancia	Tiempo
Huaraz	Recuay	Terrestre	Pavimentada	26.20 km	35 min
Recuay	Depósito de relaves	Terrestre	Afirmada	24.00 km	44 min
Depósito de relaves	Depósito de desmontes	Terrestre	Afirmada	8.80 km	19 min
TOTAL				59.00 km	98 min

Figura 8

Mapa de ubicación del área de estudio



3.1.1. DEPÓSITO DE RELAVES

El depósito de relaves de la UEA Huancapetí, se encuentra ubicado en el distrito de Recuay, provincia de Recuay en Ancash, a una altitud de 4530 m.s.n.m., tiene un área aproximada de 330,798.59 m².

Actualmente, se tiene un área en la que ya no se dispone relave la cual cuenta con una cobertura de tierra como se observa en la Figura 9. Esta área representa aproximadamente el 30% del depósito de relaves y el 70% restante se encuentra aún en actividad.

Figura 9

Depósito de relaves de la UEA Huancapetí

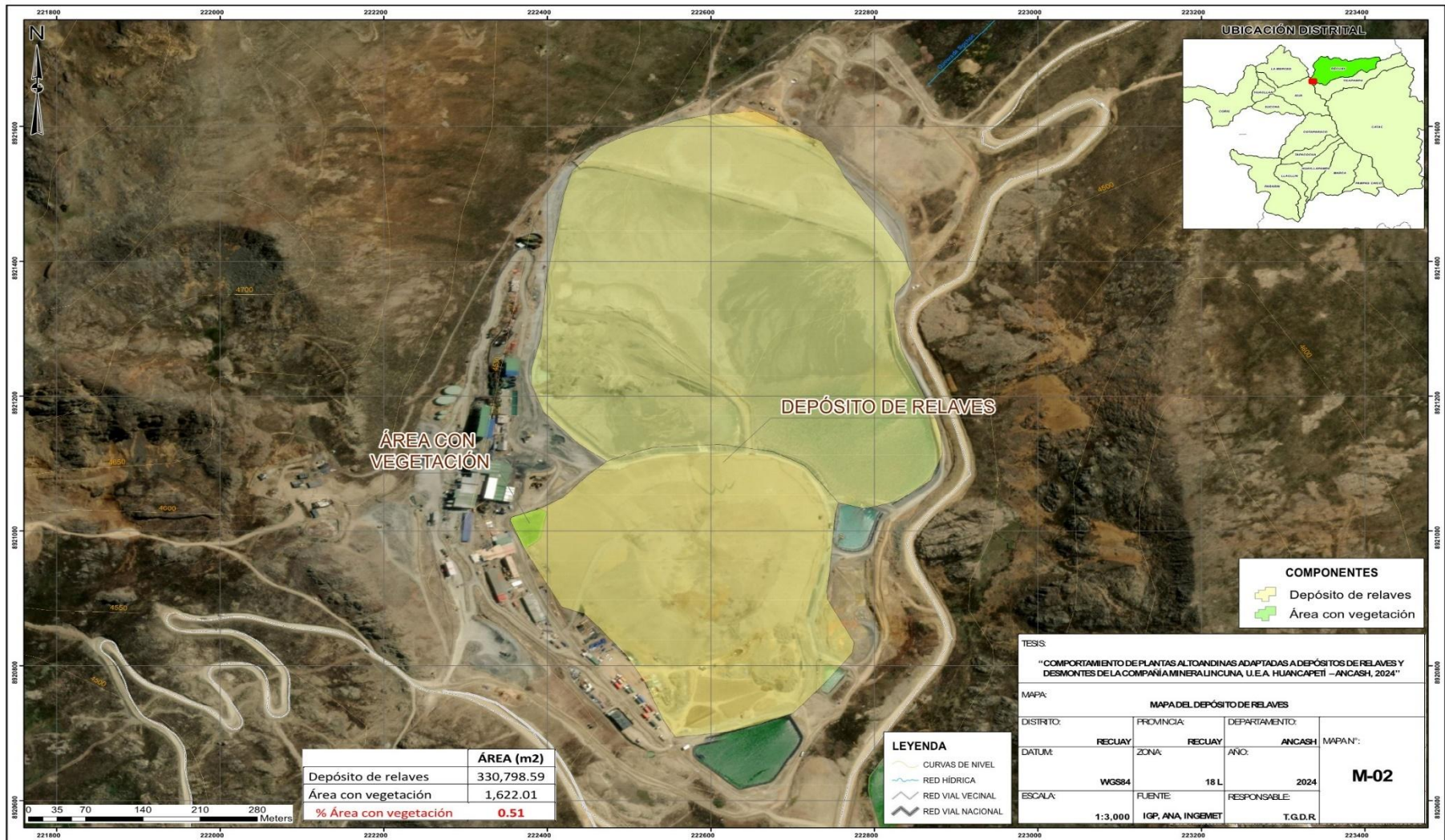


Fuente: (Proactivo, 2023)

En el área sin actividad, hay una zona con vegetación de aproximadamente 1,622.01 m². En la Figura 10 se observa el área con vegetación en la zona sin actividad del depósito de relaves, la cual representa un 0.51%.

Figura 10

Área que presenta vegetación en el depósito de relaves



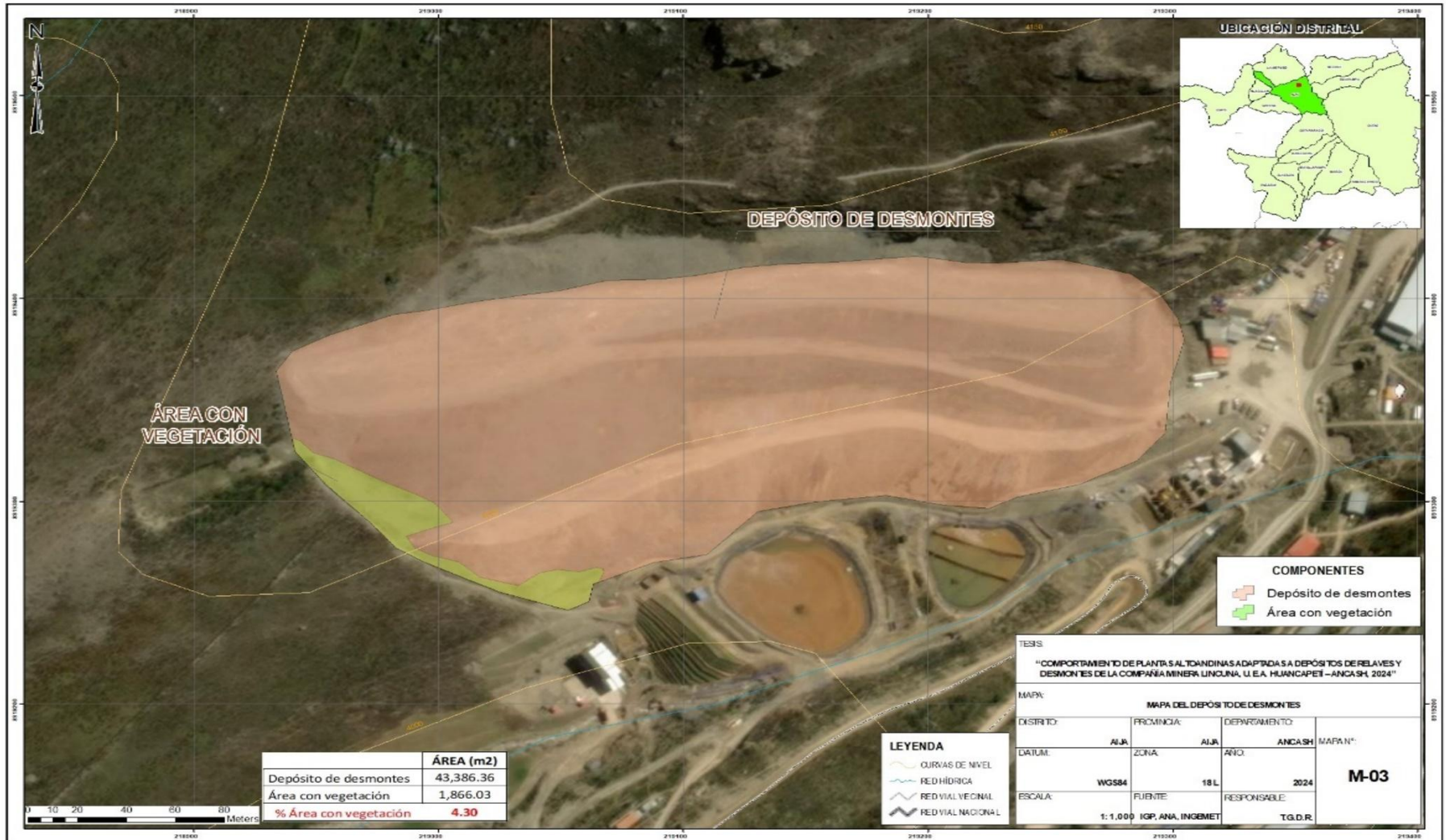
3.1.2. DEPÓSITO DE DESMONTES

El depósito de desmontes de la UEA Huancapetí, se encuentra ubicado en el distrito de Aija, provincia de Aija en Ancash, a una altitud de 4050 m.s.n.m., tiene un área aproximada de 43,386.36 m². Actualmente en este componente ya no se dispone desmonte, se encuentra sin actividad y está estabilizado físicamente. En el lado oeste perimetral del depósito, cerca de su canal de aguas de contacto, se encuentra un área con vegetación la cual creció de forma natural.

El área con vegetación es de aproximadamente 1866.03 m² y representa un 4.30% del depósito de desmontes como se observa en la Figura 11.

Figura 11

Área que presenta vegetación en el depósito de desmontes



3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

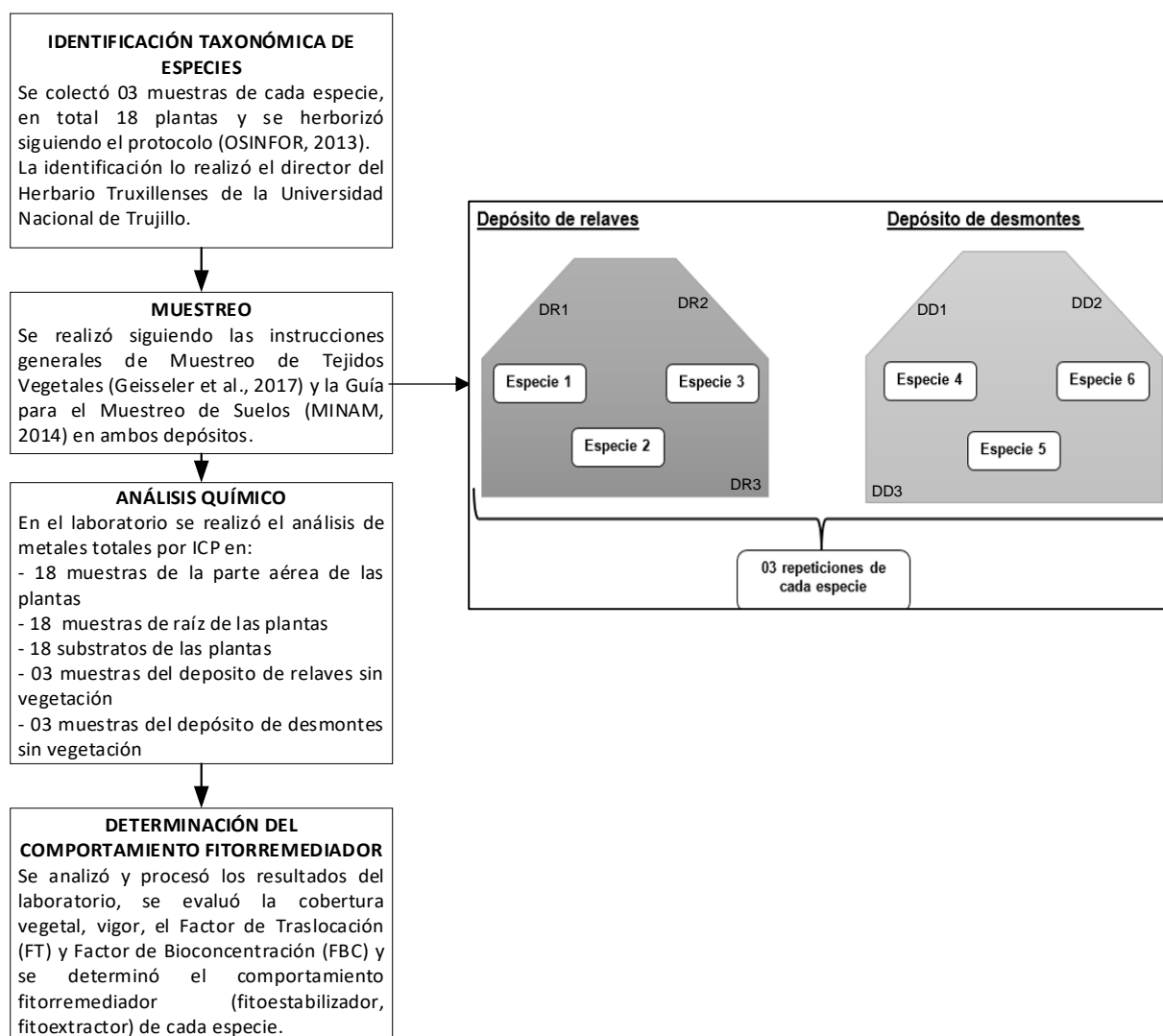
Esta investigación es de tipo cuantitativa, descriptiva, es un estudio prospectivo por la etapa de medición y obtención de datos, así también es transversal porque se realizó una sola toma de datos y es aplicada.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de esta investigación es de carácter no experimental. Constó de las siguientes etapas:

Figura 12

Diseño de la investigación



3.4. MÉTODOS O TÉCNICAS

3.4.1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECIES

Para la identificación taxonómica, se realizó lo siguiente:

- Se realizó la colecta y herborización de especies siguiendo el Protocolo para la herborización: colección y preservado de ejemplares botánicos (OSINFOR, 2013).
- Se colectó 2 ejemplares por cada especie, haciendo un total de 12. Se aisló la planta con ayuda de un pico y se excavó alrededor hasta obtener el ejemplar completo (raíz y parte aérea). Se eligió las plantas con inflorescencias para facilitar su reconocimiento taxonómico.

Figura 13

Colecta de plantas con inflorescencias



- Las plantas colectadas fueron codificadas tal como se describe en la Tabla 7; además, se tomó información de las coordenadas geográficas, lugar, fecha y hora y se completó la Ficha de Campo de Colecta de Plantas (*Ver Anexo 1*). Las muestras se trasladaron a Huaraz mediante bolsas. Posteriormente se lavaron cuidadosamente con la ayuda de una piseta y pinceles suaves evitando dañar su taxonomía.

Tabla 6
Codificación de plantas colectadas

CÓDIGO DE CAMPO		DESCRIPCIÓN	LUGAR	
ESP1	ESP1-1	Muestra 01 de la Especie 1	Depósito de relaves	
	ESP1-2	Muestra 02 de la Especie 1		
ESP2	ESP2-1	Muestra 01 de la Especie 2		
	ESP2-2	Muestra 02 de la Especie 2		
ESP3	ESP3-1	Muestra 01 de la Especie 3		
	ESP3-2	Muestra 02 de la Especie 3		
ESP4	ESP4-1	Muestra 01 de la Especie 4		
	ESP4-2	Muestra 02 de la Especie 4		
ESP5	ESP5-1	Muestra 01 de la Especie 5		Depósito de desmontes
	ESP5-2	Muestra 02 de la Especie 5		
ESP6	ESP6-1	Muestra 01 de la Especie 6		
	ESP6-2	Muestra 02 de la Especie 6		

Figura 14

Acondicionamiento para el traslado de plantas a Huaraz



- Luego, con una prensa de madera de 36 cm x 36 cm, papeles reciclados y cartón se colocaron los ejemplares para secarlas durante la mañana y tarde a la intemperie por 15 días, para su posterior herborización. Se cambió los papeles reciclados y cartones según la necesidad.

- Se procedió a retirar las plantas secas y pegarlas con silicona y cinta de goma en cartulina dúplex blanco de 43cm x 28cm, asimismo, se colocó las semillas en bolsas ziploc para facilitar la identificación taxonómica y se forró con stretch film.
- Se entregó los ejemplares al director del Herbario Truxillenses de la Universidad Nacional de Trujillo, José Mostacero León para la identificación taxonómica y depósito en el herbario en mención (Ver Anexo 2). Los resultados de la identificación se detallan en la siguiente Tabla 7:

Tabla 7

Resultados de la identificación taxonómica de plantas

ESPECIE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
ESP1	POALES	POACEAE	BOUTELOUA	<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964
ESP2	POALES	POACEAE	DACTYLIS	<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753
ESP3	ASTERALES	ASTERACEAE	SENECIO	<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954
ESP4	ASTERALES	ASTERACEAE	BACARIS	<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818
ESP5	ASTERALES	ASTERACEAE	SENECIO	<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856
ESP6	ASTERALES	ASTERACEAE	GAMOCHAETA	<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856

Criterio de selección de especies: Para la selección de las 6 especies descritas en la Tabla 7, se tomó en cuenta los siguientes criterios: Presencia de las especies en los depósitos de relave y desmonte, mayor abundancia con respecto a otras plantas y en toda el área de estudio, y el buen vigor respecto a las demás plantas. Todo ello indicó que las especies elegidas para esta investigación cuentan con mecanismos de adaptación para crecer en áreas con presencia de metales pesados producto de la actividad minera.

3.4.2. MUESTREO DE PLANTAS, SUBSTRATOS Y DEPÓSITOS SIN VEGETACIÓN

El muestreo de plantas (parte aérea y raíz) se realizó siguiendo las *Instrucciones Generales de Muestreo de Tejidos Vegetales* (Geisseler et al., 2017):

- Se muestreó 03 ejemplares por cada especie, es decir, 09 plantas por depósito, haciendo un total de 18 muestras.
- Se aisló la planta realizando un cuadrado de 30cm x 30cm en promedio, se retiró la maleza y con la ayuda de un pico se excavó 30cm de profundidad aproximadamente alrededor de la planta hasta obtener el ejemplar completo (raíz y parte aérea) y se trasladó en bolsas blancas de 200L.
- Además, se eligieron visualmente las plantas que tenían buen vigor, es decir, ejemplares con un mejor desarrollo, las que tenían inflorescencia y un aspecto saludable con un peso mínimo de 200g aproximadamente, tal como se observa en la Figura 15 para su posterior análisis en el laboratorio.

Figura 15

Muestreo de plantas en los depósitos de relaves y desmontes



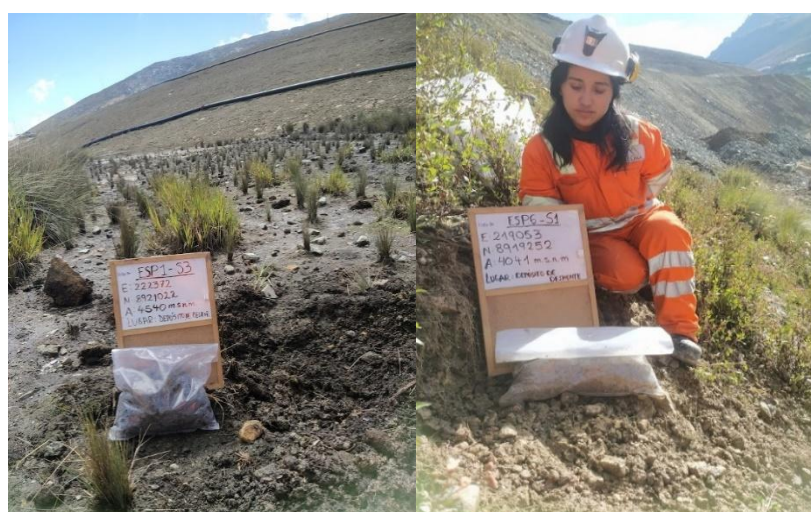
Para el muestreo del sustrato de las plantas, se realizó siguiendo la *Guía para el Muestreo de Suelos (MINAM, 2014)* como se observa en la Figura 16. Se colectó en bolsas ziploc 2kg del sustrato que estuvo en contacto con las raíces de la planta en el cuadrante realizado de 30cm x 30cm y 30 cm de profundidad, se retiró las piedras y malezas y se procedió con la técnica de cuartos opuestos, se homogenizó la muestra inicial y se extendió en una bolsa plástica para separar los cuartos opuestos, este proceso se realizó las veces necesarias para 2kg de muestra requerida.

Adicionalmente, se muestreó 03 puntos de cada depósito sin presencia de vegetación (utilizando la misma metodología de los sustratos) para que nos sirva como referencia en el análisis de resultados.

En total se obtuvo 18 muestras de plantas, 18 de los sustratos y 06 muestras de los depósitos sin vegetación. Se codificó cada muestra, se tomó información de las coordenadas geográficas, lugar, fecha y hora, y se completó la Cadena de Custodia para Muestras Sólidas según indicaciones del laboratorio (Ver Anexo 3), para que finalmente sean trasladadas a Huaraz.

Figura 16

Muestreo de sustrato de las plantas en los depósitos de relaves y desmontes



También, se evaluó visualmente la cobertura vegetal de Fosberg de cada depósito, según la clasificación de Colma & Matteucci (1982).

- **PUNTOS DE MUESTREO**

El criterio para la elección de los puntos de muestreo fue de manera aleatoria estratificada ya que se trató de abarcar toda el área de ambos depósitos dividiéndolos en tres sectores y muestreando cada especie por sector, tal como se aprecia en las Figuras 17 y 18.

En las Tablas 8 y 9 se observa la ubicación de los puntos de muestreo de plantas (parte aérea y raíz) con tres repeticiones de cada especie y su respectivo sustrato; asimismo, se tomaron 03 muestras de los depósitos de relaves y desmontes sin presencia de vegetación.

Tabla 8

Ubicación de los puntos de muestreo en el depósito de relaves

PUNTO DE MUESTREO	PARTE DE LA PLANTA	SUBSTRATO	COORDENADAS UTM WGS84 ZONA 18 L				
			ESTE	NORTE	ALTITUD		
ESP1	ESP1-1-R	Raíz	ESP1-S1	222378	8920990	4543	
	ESP1-1-A	Parte aérea					
	ESP1-2	ESP1-2-R	Raíz	ESP1-S2	222384	8921001	4544
		ESP1-2-A	Parte aérea				
	ESP1-3	ESP1-3-R	Raíz	ESP1-S3	222372	8921022	4540
		ESP1-3-A	Parte aérea				
ESP2	ESP2-1-R	Raíz	ESP2-S1	222380	8920986	4541	
	ESP2-1-A	Parte aérea					
	ESP2-2	ESP2-2-R	Raíz	ESP2-S2	222376	8920993	4541
		ESP2-2-A	Parte aérea				
	ESP2-3	ESP2-3-R	Raíz	ESP2-S3	222360	8921013	4541
		ESP2-3-A	Parte aérea				
ESP3	ESP3-1-R	Raíz	ESP3-S1	222382	8920993	4541	
	ESP3-1-A	Parte aérea					
	ESP3-2	ESP3-2-R	Raíz	ESP3-S2	222383	8921011	4541
		ESP3-2-A	Parte aérea				
	ESP3-3	ESP3-3-R	Raíz	ESP3-S3	222378	8921024	4541
		ESP3-3-A	Parte aérea				

DR1	222380	8920987	4542
DR2	222370	8920988	4541
DR3	222387	8921015	4541

Tabla 9

Ubicación de los puntos de muestreo en el depósito de desmontes

PUNTO DE MUESTREO	PARTE DE LA PLANTA	SUBSTRATO	COORDENADAS UTM WGS84 ZONA 18 L			
			ESTE	NORTE	ALTITUD	
ESP4	ESP4-1	ESP4-1-R Raíz	ESP4-S1	219060	8919252	4031
		ESP4-1-A Parte aérea				
	ESP4-2	ESP4-2-R Raíz	ESP4-S2	219014	8919261	4045
		ESP4-2-A Parte aérea				
	ESP4-3	ESP4-3-R Raíz	ESP4-S3	218956	8919306	4071
		ESP4-3-A Parte aérea				
ESP5	ESP5-1	ESP5-1-R Raíz	ESP5-S1	219049	8919246	4034
		ESP5-1-A Parte aérea				
	ESP5-2	ESP5-2-R Raíz	ESP5-S2	218997	8919299	4060
		ESP5-2-A Parte aérea				
	ESP5-3	ESP5-3-R Raíz	ESP5-S3	218969	8919314	4072
		ESP5-3-A Parte aérea				
ESP6	ESP6-1	ESP6-1-R Raíz	ESP6-S1	219053	8919252	4041
		ESP6-1-A Parte aérea				
	ESP6-2	ESP6-2-R Raíz	ESP6-S2	218997	8919289	4055
		ESP6-2-A Parte aérea				
	ESP6-3	ESP6-3-R Raíz	ESP6-S3	218946	8919327	4079
		ESP6-3-A Parte aérea				
DD1			219068	8919264	4035	
DD2			218990	8919284	4059	
DD3			218944	8919331	4080	

Figura 17

Mapa de muestreo en el depósito de relaves

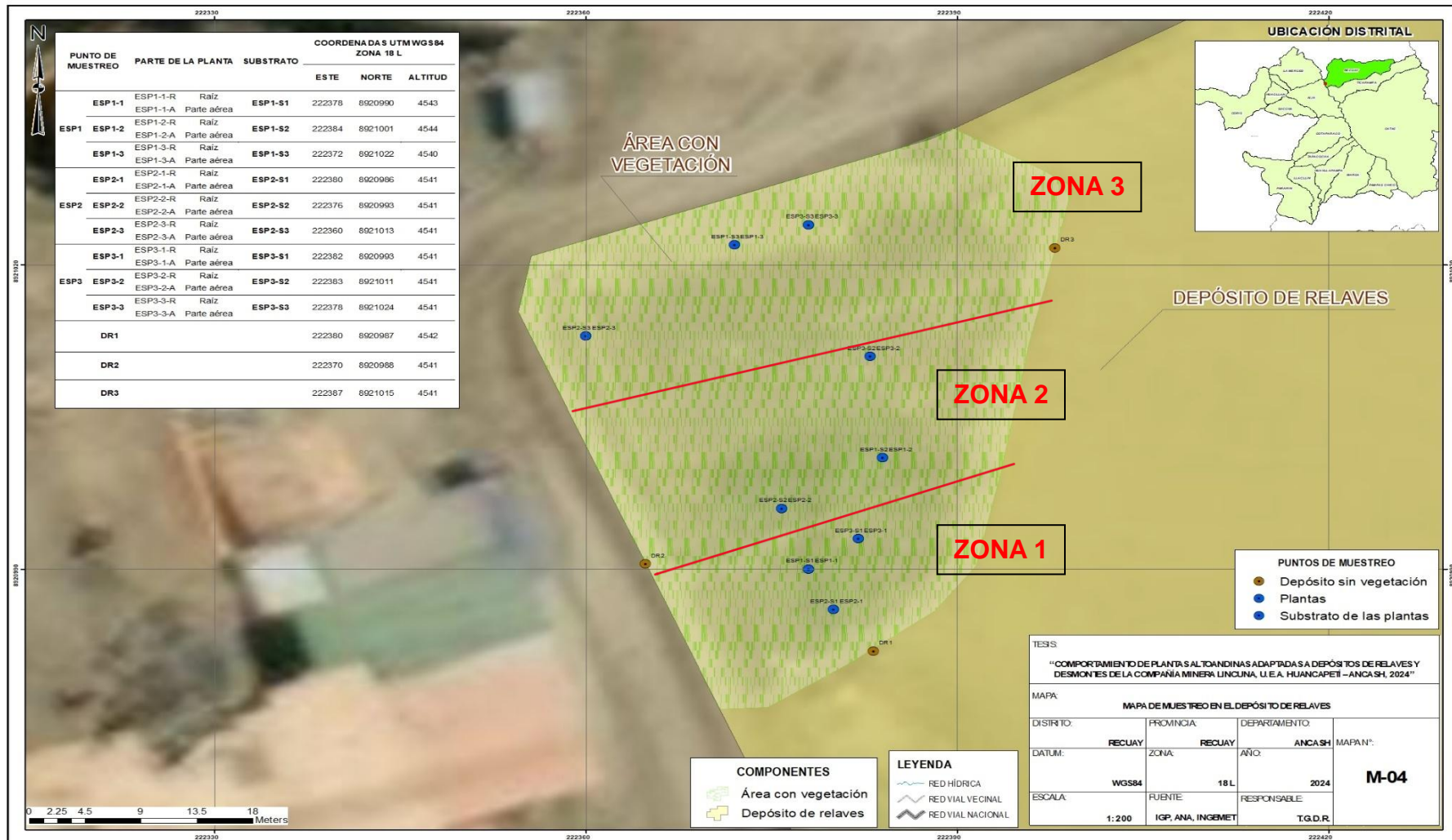
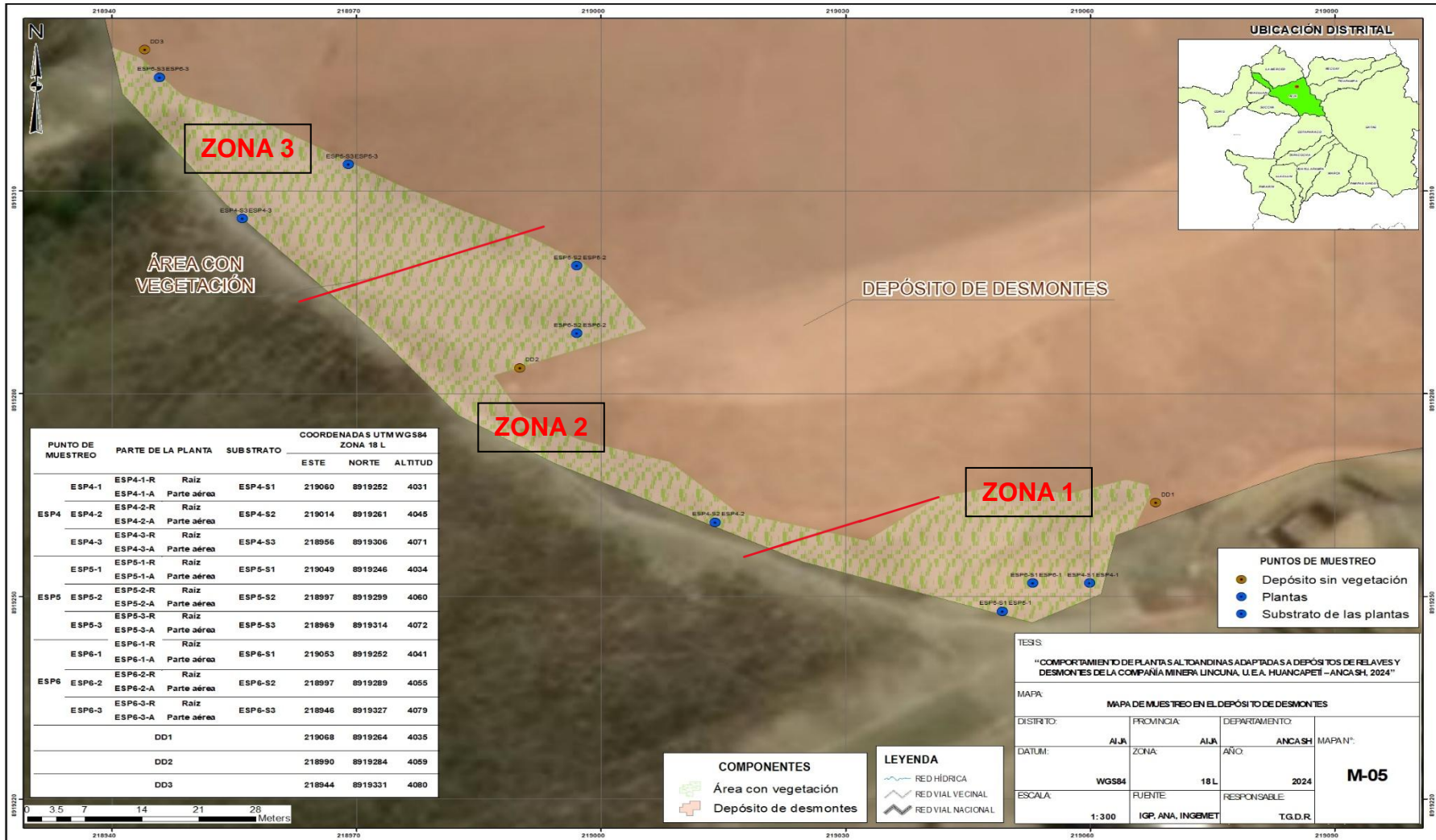


Figura 18

Mapa de muestreo en el depósito de desmontes



3.4.3. ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis de metales totales se realizó en el laboratorio CERTIMIN S.A. ubicada en Lima, previo a ello se realizó el acondicionamiento y pretratamiento de las muestras en el laboratorio “A” de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la UNASAM siguiendo los protocolos e indicaciones.

- Para el acondicionamiento de las plantas, los ejemplares fueron lavados cuidadosamente con pinceles de cerdas suaves para retirar los restos de substrato; y para evitar perder muestra se utilizó un colador fino de plástico.
- Se registró las medidas de peso y altura de las plantas en la Ficha de Campo de Muestreo (Ver Anexo 4), se separó la parte aérea de la raíz y se procedió a secarlas a temperatura ambiente por 10 días.
- Asimismo, las muestras de substrato de las plantas fueron secadas en embaces de plástico a temperatura ambiente por 10 días.

El pretratamiento se realizó de la siguiente manera:

- Plantas: Se colocó una muestra representativa de cada planta en una estufa a 40°C por 24 horas, se trituró con un mortero y licuadora hasta obtener una textura fina. Finalmente, se preparó entre 20g a 30g de muestra para el análisis de metales totales en el laboratorio de CERTIMIN en Lima.

Figura 19

Pretratamiento de plantas en el laboratorio de la FCAM



- Substrato: En el tamizador vibratorio Minor 200 se procedió a tamizar una muestra representativa de substrato con una malla metálica de acero inoxidable de 1mm de diámetro y se preparó 500g de muestra para el análisis de metales totales en el laboratorio CERTIMIN en Lima.

Figura 20

Pretratamiento de substratos en el laboratorio de la FCAM



Se envió las muestras pretratadas al laboratorio CERTIMIN S.A. en Lima con sus respectivas Cadenas de Custodia para Muestras Sólidas (Ver Anexo 3) según indicaciones del laboratorio.

Los métodos para el análisis de metales totales que utilizó el laboratorio CERTIMIN S.A. fueron los siguientes:

- Plantas: AOAC 985.01.2012 Metals and Other Elements in Plants and Pet Foods (ICP-OES).
- Substrato (Suelos): EPA Method 7471 B rev 2.2007 Mercury in solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique) y EPA 3050B Rev.2 Acid digestion of sediments, sludges and Soil / EPA 6020B Rev.2. 2014, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) / EPA 6010D Rev.5. 2018 Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES).

• **Determinación de metales pesados:**

El término “metal pesado” se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a 5 g/cm³ o que tienen un peso atómico por encima de 20, sin embargo, este término puede ser utilizado de una forma globalizadora para referirse a aquellos metales clasificados como contaminantes ambientales (Diez, 2008).

Es por ello que en este proyecto de investigación se utiliza el término “metal pesado” para referirse a todos los elementos evaluados (metales y metaloides) tal como se detalla en la Tabla 9.

Tabla 10
Determinación de metales pesados en la investigación

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO	DENSIDAD (g/m ³ A 20 °C)	NÚMERO ATÓMICO	METAL PESADO
Elementos tóxicos en pequeñas cantidades, sin funciones biológicas conocidas	Aluminio (Al)	2,70	13	No
	Arsénico (As)	5,72	33	Si
	Cadmio (Cd)	8,65	48	Si
	Mercurio (Hg)	16,60	80	Si
	Plomo (Pb)	11,40	82	Si
	Cromo (Cr)	7,19	24	Si



Elementos nutrientes, tóxicos en cantidades excesivas	Cobre (Cu)	8,96	29	Si
	Hierro (Fe)	7,86	26	Si
	Magnesio (Mg)	1,74	12	No
	Manganeso (Mn)	7,43	25	Si
	Níquel (Ni)	8,90	28	Si
	Estaño (Sn)	7,30	50	Si
	Zinc (Zn)	7,14	30	Si
Otros elementos estudiados por sus implicancias con el medio edáfico	Plata (Ag)	10,50	47	Si
	Bario (Ba)	3,50	56	No
	Estroncio (Sr)	2,60	38	No
	Antimonio (Sb)	6,62	51	Si
	Talio (Tl)	11,85	81	Si

3.4.4. COMPORTAMIENTO FITORREMIADOR DE LAS PLANTAS

Para determinar el comportamiento fitorremediador de las plantas se procesó los datos obtenidos en campo y laboratorio y se realizó lo siguiente:

- Se trabajó con 03 repeticiones de cada especie y substrato con la finalidad de obtener resultados más representativos, es por ello que se realizó el análisis de las concentraciones de metales solo en aquellos que tenían el dato exacto, es decir, aquellos que estuvieron por encima del límite de detección; asimismo, solo se evaluó a las plantas y substratos que tuvieron la data exacta de sus 03 repeticiones.
- Con los datos de las plantas y substratos que cumplieron esta condición se procedió a calcular los factores de bioconcentración y traslocación.
- Luego, se procedió al análisis de las pruebas de normalidad y ANOVA para evaluar las diferencias de las medias de ambos factores.
- Finalmente se clasificó las plantas según su comportamiento fitorremediador (fitoextractor, fitoestabilizador).

A. Categorización de las plantas en función a su acumulación de metales en la parte aérea:

Se realizó las comparaciones de la concentración del metal en la parte aérea de la planta según Prieto et al. (2009):

- Si Cd (mg/kg) > 100 mg/kg planta hiperacumuladora.
- Si Co, Cr, Cu, Pb o Ni (mg/kg) > 1000 (mg/kg) planta hiperacumuladora.
- Si Zn o Mn (mg/kg) > 10 000 mg/kg planta hiperacumuladora.

B. Cálculo de factor de bioconcentración (FBC): El factor de bioconcentración se calculó de acuerdo con López & Morales (2022) con las siguientes fórmulas:

$$FBC_{Raíz} = [metal]_{raíz} / [metal]_{suelo}$$

$$FBC_{Aérea} = [metal]_{aérea} / [metal]_{suelo}$$

Donde:

- $FBC_{Raíz}$ = Factor de bioconcentración en la raíz de la planta.
- $FBC_{Aérea}$ = Factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta.
- $[metal]_{raíz}$ = Concentración del metal solo en la raíz de la planta en mg/Kg.
- $[metal]_{aérea}$ = Concentración del metal solo en la parte aérea de la planta en mg/Kg.
- $[metal]_{suelo}$ = Concentración del metal en el suelo en mg/Kg.

Y según Vyslouzilova et al. (2003) y Yoon et al. (2006):

- Si el $FBC_{Aérea} < 1$ la planta es excluyente.
- Si el $FBC_{Raíz} < 1$ la planta es excluyente.
- Si el $1 < FBC_{Aérea} < 10$ la planta es acumuladora.
- Si el $1 < FBC_{Raíz} < 10$ la planta es acumuladora.
- Si el $FBC_{Aérea} > 10$ la planta es hiperacumuladora.
- Si el $FBC_{Raíz} > 10$ la planta es hiperacumuladora.

C. Cálculo del factor de traslocación (FT): Se calculó según López & Morales (2022):

$$TF = \frac{[\text{metal}]_{\text{aérea}}}{[\text{metal}]_{\text{raíz}}}$$

Donde:

- FT = Factor de traslocación
- $[\text{metal}]_{\text{raíz}}$ = Concentración del metal solo en la raíz de la planta en mg/Kg.
- $[\text{metal}]_{\text{aérea}}$ = Concentración del metal solo en la parte aérea de la planta en mg/Kg.

Se realizó las comparaciones según Audet & Charest (2007):

- $TF < 1$, significa que la planta no traslada 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.
- $TF > 1$, significa que la planta traslada eficazmente los metales pesados de la raíz a la parte aérea de la planta, por lo que su potencial es la de fitoextraer metales en su parte aérea.

D. Cálculo del vigor de las plantas: Cuando las plantas están expuestas a altos contenidos de metales pesados, éstas pueden presentar problemas fisiológicos, tales como reducción del tamaño y vigor en su crecimiento (raíces y demás órganos) (Alegre, 2020), se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Vigor} = \text{Peso (Kg)} \times \text{Altura (m)}$$

Este parámetro nos permitió determinar el comportamiento respecto al desarrollo de las plantas y la relación de estos con la tolerancia de metales.

E. Evaluación de la cobertura vegetal: Se realizó visualmente y con la ayuda de programas de procesamiento geográfico, mediante la escala de cobertura de Fosberg la cual contribuyó a un mejor análisis del comportamiento de las plantas (Colma & Matteucci, 1982):

- Cerrado: Las copas o vástagos se tocan.
- Abierto: Las copas o vástagos no se tocan, pero cubren por lo menos el 30% de la superficie.
- Disperso: La distancia entre las copas o vástago es el doble de su diámetro.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. POBLACIÓN

La población para esta investigación son todas las plantas altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes mineros que muestran un comportamiento fitorremediador (fitoestabilizador, fitoextractor) de metales pesados.

3.5.2. MUESTRA

En esta investigación se trabajó con seis especies altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes mineros; de ellas, 03 especies procedentes del depósito de relaves y 03 especies del depósito de desmontes de la U.E.A. Huancapetí de la Compañía Minera Lincuna S.A. Se evaluó 03 repeticiones por cada especie con su respectivo substrato y se analizó la concentración de metales totales en la raíz y parte aérea de la planta, y como punto de comparación se tomó muestras de los depósitos sin vegetación con tres repeticiones cada una.

3.6. INSTRUMENTOS VALIDADOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos de recolección de datos para esta investigación fueron los siguientes:

Tabla 11*Instrumentos validados de recolección de datos*

ACTIVIDAD	FUENTE	INSTRUMENTOS
Colección y herborización de plantas	Primaria	Ficha de campo de Colecta de Plantas siguiendo el <i>Protocolo para la herborización: Colección y preservado de ejemplares botánicos</i> (OSINFOR, 2013).
Muestreo de plantas, substratos y depósitos sin vegetación	Primaria	Ficha de campo para el Muestreo siguiendo: - <i>Instrucciones generales de Muestreo de Tejidos Vegetales</i> (Geisseler, et al., 2017). - <i>Guía para el Muestreo de Suelos</i> (MINAM, 2014) - Condiciones para muestreo y preservación de muestras del laboratorio CERTIMIN S.A. Cadenas de custodia.
Análisis de metales totales en plantas	Primaria	Análisis realizado por el laboratorio CERTMIN S.A. siguiendo el método AOAC 985.01.2012 Metals and Other Elements in Plants and Pet Foods (ICP-OES).
Análisis de metales totales en substratos de las plantas y depósitos sin vegetación	Primaria	Análisis realizado por el laboratorio CERTMIN S.A. siguiendo el EPA Method 7471 B rev 2.2007 Mercury in solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique) y EPA 3050B Rev.2 Acid digestion of sediments, sludges and Soil / EPA 6020B Rev.2. 2014, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) / EPA 6010D Rev.5. 2018 Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES).

3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

Para llevar a cabo el procesamiento de datos se usó el paquete de Microsoft Office: Word y Excel, como procesador de texto y hojas de cálculo; también programas de procesamiento de información geográfica con el cual se detalló la ubicación geográfica de los depósitos de relaves y desmonte de la U.E.A. Huancapetí de la Compañía Minera Lincuna S.A., los puntos de muestreo de los depósitos, plantas y substratos y la evaluación del vigor de las plantas y cobertura vegetal; entre tanto se llevó a cabo el análisis de la información por medio de estadística descriptiva, pruebas de normalidad y ANOVA de los factores de bioconcentración y traslocación de las especies y correlación de Pearson.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Para la determinación del comportamiento fitorremediador (fitoestabilizador, fitoextractor) de metales pesados (Aluminio, arsénico, bario, cadmio, cromo, cobre, hierro, mercurio, magnesio, manganeso, níquel, plata, plomo, antimonio, estaño, estroncio, talio y zinc) de las 06 especies de plantas evaluadas se analizaron los siguientes resultados:

4.1. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS DEPÓSITOS DE RELAVES Y DESMONTES

Los resultados del análisis de metales totales de los substratos de las plantas evaluadas y los depósitos sin presencia de plantas se encuentran en los informes de ensayo JUN1363.R24 y JUN1364.R24 los cuales se adjuntan en el Anexo 5. Asimismo, en las Tablas 12 y 13 se muestran los resultados obtenidos en el depósito de relaves y desmontes respectivamente, en ellas se observa que la concentración del estaño (Sn) en ambos depósitos se encuentra por debajo del límite de detección, y en 4 puntos del depósito de relaves el antimonio (Sb) se encuentra también por debajo del límite de detección, es por ello que, para los análisis posteriores no se consideraron estos metales.

Tabla 12
Concentración de metales totales en el depósito de relaves

ESPECIE	SUBSTRATO	METALES TOTALES (mg/kg)																	
		Ag(t)	Al(t)	As(t)	Ba(t)	Cd(t)	Cr(t)	Cu(t)	Fe(t)	Hg(t)	Mg(t)	Mn(t)	Ni(t)	Pb(t)	Sb(t)	Sn(t)	Sr(t)	Tl(t)	Zn(t)
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	Repetición 01	8,70	17006,00	5224,40	134,00	16,15	4,90	552,20	24416,00	0,37	2361,00	3581,00	35,00	35,00	35,00	<10	29,10	0,72	1287,00
	Repetición 02	7,30	17014,00	4709,80	92,00	9,98	5,40	457,50	31723,00	0,35	3127,00	1443,00	20,00	20,00	20,00	<10	29,00	0,56	1135,50
	Repetición 03	8,50	7547,00	4622,30	58,00	8,51	2,40	239,00	19565,00	0,57	1195,00	849,00	20,00	20,00	20,00	<10	9,80	0,37	896,00
<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	Repetición 01	6,70	11925,00	2672,50	97,00	25,33	5,10	266,40	19886,00	0,30	2207,00	3078,00	18,00	18,00	18,00	<10	43,40	0,43	2559,00
	Repetición 02	6,10	14988,00	4743,50	74,00	11,21	5,10	446,70	26253,00	0,59	2347,00	1864,00	16,00	16,00	16,00	<10	42,10	0,50	1234,30
	Repetición 03	29,00	17433,00	9079,70	82,00	43,76	4,20	778,30	34380,00	0,66	1653,00	1899,00	66,00	66,00	66,00	<10	27,30	0,93	5006,60
<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954	Repetición 01	7,70	16125,00	5736,80	83,00	14,10	5,00	467,40	27079,00	0,29	2360,00	1567,00	19,00	19,00	19,00	<10	38,50	0,53	1472,40
	Repetición 02	12,60	28020,00	11215,20	196,00	20,13	4,50	943,30	40222,00	0,40	1969,00	5553,00	33,00	33,00	33,00	<10	31,40	1,06	2086,10
	Repetición 03	21,90	19909,00	11144,10	122,00	34,81	4,90	828,40	40011,00	0,62	2154,00	3169,00	51,00	51,00	51,00	<10	25,40	1,03	3732,00
Depósito de relaves sin plantas	Repetición 01	9,90	16227,00	5880,10	85,00	13,55	5,00	456,00	31896,00	0,34	2837,00	1292,00	4,00	1353,70	26,00	<10	23,00	0,73	1148,40
	Repetición 02	7,00	17140,00	4814,70	119,00	11,17	4,90	633,90	28647,00	0,46	2440,00	1748,00	4,00	923,60	23,00	<10	26,00	0,84	825,00
	Repetición 03	20,70	19974,00	8940,20	130,00	31,33	4,90	828,20	34364,00	0,64	2005,00	1959,00	4,00	2627,90	50,00	<10	24,60	0,85	3197,60

Tabla 13

Concentración de metales pesados totales en el depósito de desmontes

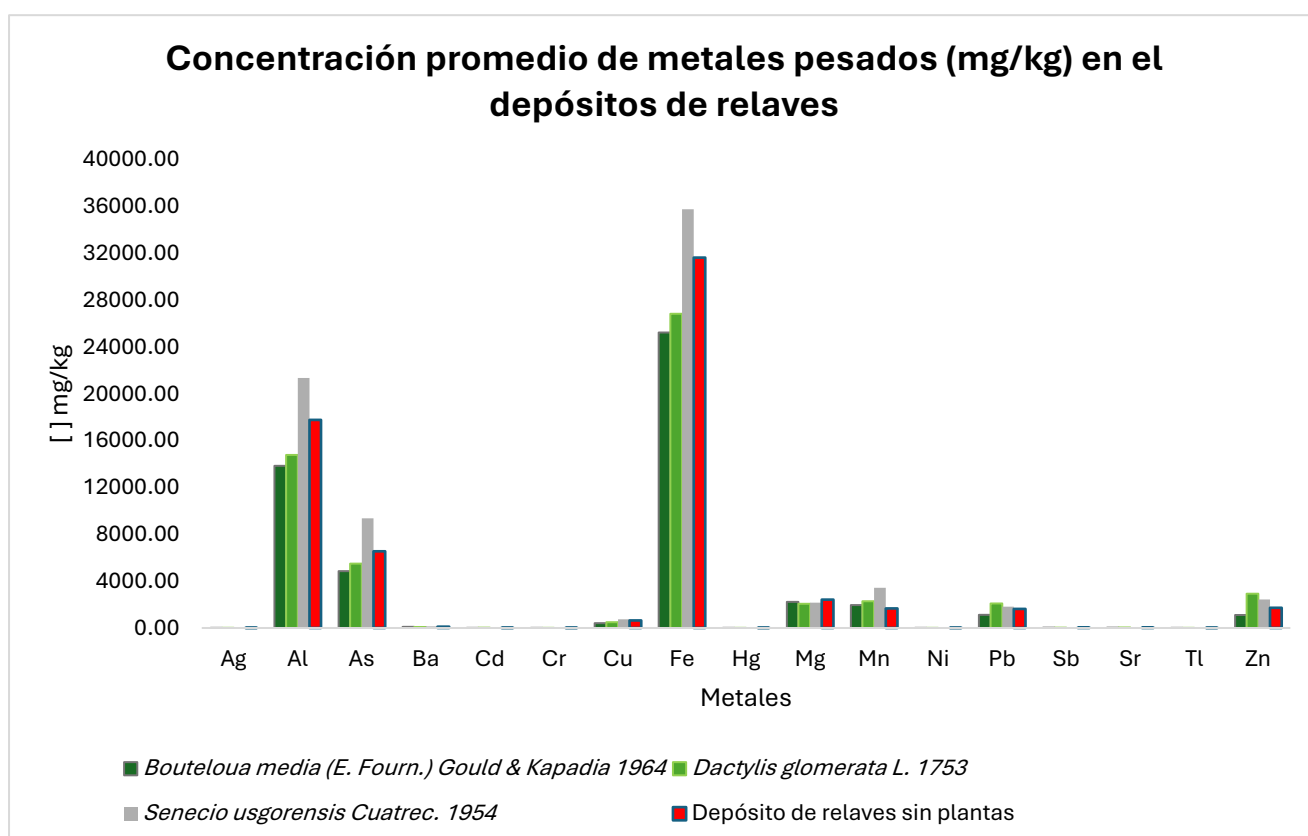
ESPECIE	SUBSTRATO	METALES TOTALES (mg/kg)																	
		Ag(t)	Al(t)	As(t)	Ba(t)	Cd(t)	Cr(t)	Cu(t)	Fe(t)	Hg(t)	Mg(t)	Mn(t)	Ni(t)	Pb(t)	Sb(t)	Sn(t)	Sr(t)	Tl(t)	Zn(t)
<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818	Repetición 01	1,20	27173,00	430,00	42,00	1,47	6,20	42,40	34516,00	1,48	8212,00	934,00	4,00	219,50	<5	<10	65,50	0,28	271,40
	Repetición 02	4,10	23082,00	653,60	58,00	2,83	4,60	32,40	23705,00	0,33	6657,00	780,00	4,00	740,40	10,00	<10	25,80	0,29	530,00
	Repetición 03	25,00	12852,00	7769,30	32,00	38,39	4,90	171,80	40992,00	0,93	6205,00	4374,00	6,00	5861,00	61,00	<10	39,50	1,06	5788,20
<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	Repetición 01	1,30	27505,00	379,90	39,00	1,08	7,90	43,80	31368,00	0,14	8984,00	1100,00	4,00	141,30	6,00	<10	85,50	0,29	291,40
	Repetición 02	3,10	24423,00	619,00	65,00	4,18	5,10	37,40	24163,00	0,20	6484,00	908,00	4,00	469,10	<5	<10	18,30	0,37	677,40
	Repetición 03	3,30	22512,00	889,00	40,00	6,37	6,50	43,70	24680,00	0,28	5845,00	1510,00	6,00	809,60	7,00	<10	16,30	0,69	912,50
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	Repetición 01	1,70	20629,00	544,00	55,00	1,96	3,70	39,50	23132,00	0,16	5704,00	701,00	3,00	415,30	<5	<10	67,10	0,31	235,90
	Repetición 02	23,50	15544,00	5493,50	27,00	41,29	5,00	178,50	41492,00	0,65	6386,00	4847,00	8,00	4825,60	37,00	<10	28,90	1,50	6132,20
	Repetición 03	0,40	6711,00	227,10	31,00	1,22	6,60	33,00	20170,00	0,15	2435,00	370,00	7,00	92,30	<5	<10	14,70	0,15	214,60
Depósito de desmontes sin plantas	Repetición 01	20,10	20471,00	7098,90	38,00	186,25	6,10	520,60	66962,00	0,91	6410,00	18699,00	29,00	2813,40	52,00	<10	81,50	1,56	43181,50
	Repetición 02	19,60	21015,00	7236,10	35,00	184,61	6,50	505,10	65755,00	0,90	6135,00	17951,00	29,00	2891,90	49,00	<10	79,50	1,52	40346,30
	Repetición 03	27,20	13901,00	12514,50	22,00	64,23	5,80	281,90	54936,00	1,37	6563,00	6717,00	14,00	4490,30	55,00	<10	39,80	1,94	10117,00



En las siguientes Figuras 21 y 22 se observan las concentraciones promedio de metales pesados en ambos depósitos tanto en los substratos de las plantas y los depósitos sin plantas.

Figura 21

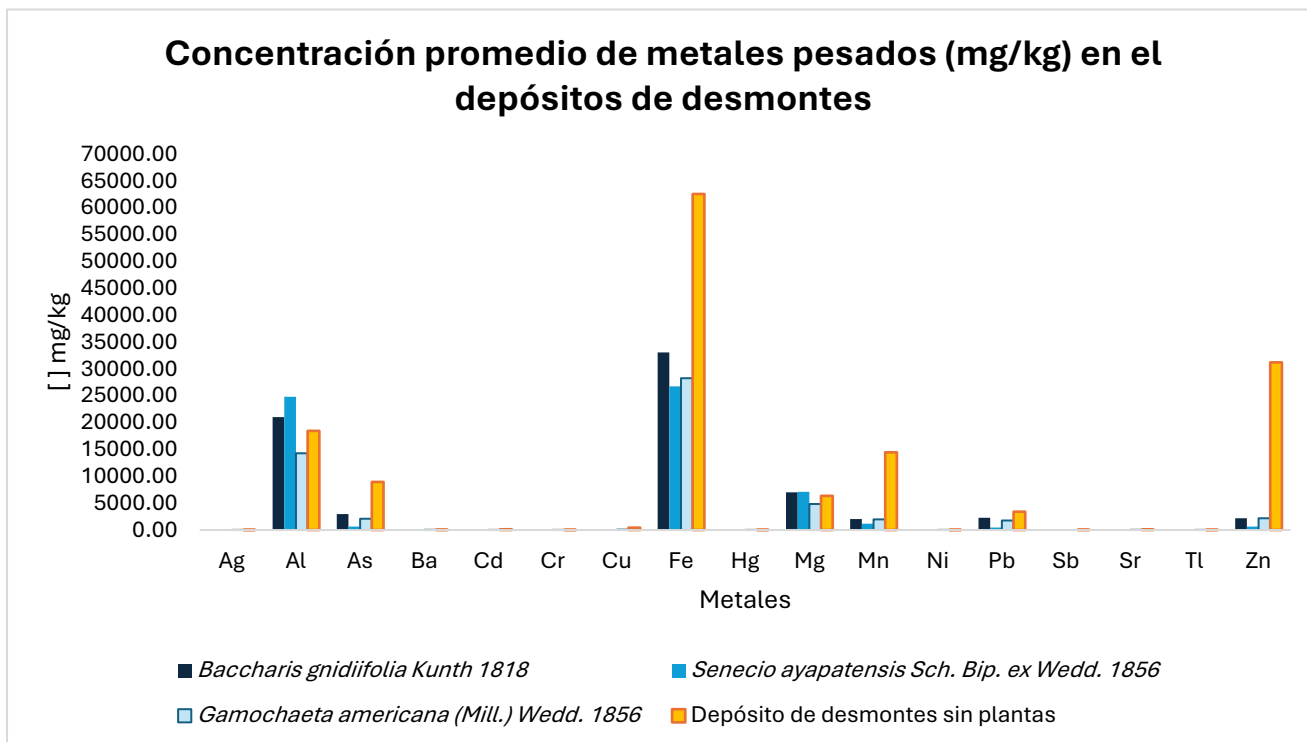
Concentración promedio de metales pesados en el depósito de relaves sin la presencia de plantas y los substratos de las plantas.



Los metales que presentaron las más altas concentraciones, pudiendo representar un riesgo para el ambiente por su cantidad, fueron el hierro (25235mg/kg-35771mg/kg), aluminio (13856mg/kg-21351mg/kg), arsénico (4852mg/kg-9365mg/kg), manganeso (849mg/kg-5553mg/kg), zinc (825mg/kg-5007mg/kg) y plomo (16mg/kg-2627 mg/kg). Asimismo, en su mayoría, las concentraciones en el substrato de la planta *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954 superaron a las concentraciones del depósito de relaves.

Figura 22

Concentración promedio de metales pesados en el depósito de desmontes sin la presencia de plantas y los substratos de las plantas.



Los metales que presentaron las más altas concentraciones, pudiendo representar un riesgo para el ambiente por su cantidad, fueron el hierro (26737mg/kg-62551mg/kg), aluminio (14295mg/kg-24813mg/kg), arsénico (227mg/kg-12514mg/kg), manganeso (370mg/kg-18699mg/kg), zinc (214mg/kg-40346mg/kg) y plomo (92mg/kg-5861 mg/kg). Asimismo, las concentraciones en el depósito de desmontes superaron en su mayoría al de los substratos de las tres plantas, por lo que se infiere que las plantas podrían estar acumulando metales del área.

4.2. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS PLANTAS

Los resultados del análisis de metales totales de las plantas evaluadas se encuentran en los informes de ensayo JUN1361.R24 y JUN1362.R24 los cuales se adjuntan en el Anexo 5. Asimismo, en las Tablas 14 y 15 se muestran los resultados obtenidos en las plantas del depósito de relaves y desmontes respectivamente:

Tabla 14

Concentración de metales pesados totales en las plantas del depósito de relaves

ESPECIE	PARTE DE LA PLANTA	METALES TOTALES (mg/kg)																		
		Ag(t)	Al(t)	As(t)	Ba(t)	Cd(t)	Cr(t)	Cu(t)	Fe(t)	Hg(t)	Mg(t)	Mn(t)	Ni(t)	Pb(t)	Sb(t)	Sn(t)	Sr(t)	Tl(t)	Zn(t)	
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	Repetición 01	Parte aérea	0,50	145,00	85,00	2,00	<1	1,00	8,80	458,00	<1	213,00	189,00	<1	<2	<5	<10	2,10	<2	139,90
		Raíz	2,40	2655,00	943,00	21,00	6,00	5,00	157,00	4703,00	<1	301,00	1060,00	4,00	7,00	12,00	<10	11,20	<2	514,80
	Repetición 02	Parte aérea	0,60	117,00	106,00	2,00	<1	1,00	7,00	470,00	<1	167,00	140,00	1,00	<2	<5	<10	3,50	<2	121,80
		Raíz	1,20	1639,00	824,00	10,00	4,00	2,00	124,30	3705,00	<1	323,00	202,00	2,00	3,00	11,00	<10	9,40	<2	312,60
	Repetición 03	Parte aérea	1,40	221,00	236,00	2,00	2,00	3,00	16,50	1059,00	<1	168,00	211,00	<1	5,00	<5	<10	2,50	<2	281,50
		Raíz	0,80	772,00	270,00	6,00	2,00	2,00	60,10	1748,00	<1	150,00	121,00	<1	2,00	7,00	<10	4,40	<2	127,70
<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	Repetición 01	Parte aérea	1,70	181,00	459,00	4,00	2,00	1,00	12,50	1473,00	<1	450,00	231,00	<1	3,00	<5	<10	13,20	<2	375,00
		Raíz	2,20	2082,00	577,00	17,00	9,00	2,00	77,50	3308,00	<1	492,00	732,00	2,00	8,00	8,00	<10	16,50	<2	1078,80
	Repetición 02	Parte aérea	<0.2	<100	71,00	2,00	<1	<1	6,60	299,00	<1	206,00	52,00	2,00	<2	<5	<10	7,00	<2	55,70
		Raíz	3,10	1768,00	965,00	15,00	11,00	2,00	159,10	3878,00	<1	410,00	733,00	1,00	11,00	16,00	<10	24,80	<2	760,80
	Repetición 03	Parte aérea	1,80	214,00	246,00	2,00	3,00	2,00	20,50	1002,00	<1	276,00	198,00	<1	6,00	8,00	<10	6,60	<2	485,30
		Raíz	3,20	2116,00	753,00	14,00	6,00	2,00	209,40	3047,00	<1	234,00	630,00	2,00	19,00	16,00	<10	11,20	<2	684,50
<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954	Repetición 01	Parte aérea	0,90	281,00	564,00	3,00	2,00	1,00	22,20	1804,00	<1	402,00	232,00	<1	3,00	<5	<10	13,50	<2	324,90
		Raíz	2,80	2279,00	1057,00	19,00	6,00	2,00	130,20	4148,00	<1	480,00	639,00	2,00	9,00	12,00	<10	22,80	<2	1016,30
	Repetición 02	Parte aérea	1,60	325,00	604,00	4,00	5,00	2,00	23,00	2011,00	<1	458,00	378,00	3,00	5,00	6,00	<10	14,90	<2	427,00
		Raíz	1,10	1166,00	468,00	14,00	5,00	3,00	85,80	2099,00	<1	288,00	619,00	<1	10,00	9,00	<10	11,80	<2	655,30
	Repetición 03	Parte aérea	3,10	451,00	1158,00	4,00	9,00	2,00	40,20	3588,00	<1	418,00	597,00	2,00	10,00	13,00	<10	13,20	<2	1173,50
		Raíz	4,60	1953,00	1362,00	17,00	10,00	2,00	139,40	4820,00	<1	426,00	823,00	2,00	18,00	17,00	<10	18,70	<2	1517,60



Tabla 15

Concentración de metales pesados totales en las plantas del depósito de desmontes

ESPECIE	PARTE DE LA PLANTA	METALES TOTALES (mg/kg)																		
		Ag(t)	Al(t)	As(t)	Ba(t)	Cd(t)	Cr(t)	Cu(t)	Fe(t)	Hg(t)	Mg(t)	Mn(t)	Ni(t)	Pb(t)	Sb(t)	Sn(t)	Sr(t)	Tl(t)	Zn(t)	
<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818	Repetición 01	Parte aérea	0,30	1052,00	46,00	4,00	6,00	11,00	9,80	1829,00	<1	1143,00	124,00	5,00	<2	<5	<10	37,90	<2	297,70
		Raíz	0,30	2544,00	75,00	7,00	4,00	4,00	13,50	3360,00	<1	1442,00	188,00	<1	<2	<5	<10	31,20	<2	222,80
	Repetición 02	Parte aérea	<0.2	117,00	28,00	2,00	5,00	<1	11,50	252,00	<1	1169,00	64,00	<1	<2	<5	<10	51,00	<2	251,10
		Raíz	0,30	1190,00	66,00	7,00	3,00	3,00	10,70	1270,00	<1	1197,00	104,00	2,00	<2	<5	<10	25,70	<2	491,20
	Repetición 03	Parte aérea	0,30	216,00	96,00	2,00	9,00	8,00	13,40	760,00	<1	694,00	304,00	4,00	<2	<5	<10	18,80	<2	211,70
		Raíz	2,30	1079,00	477,00	5,00	12,00	4,00	28,00	3293,00	<1	1242,00	676,00	2,00	11,00	10,00	<10	18,20	<2	933,60
<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	Repetición 01	Parte aérea	0,50	1702,00	174,00	8,00	8,00	5,00	16,20	3046,00	<1	1159,00	239,00	2,00	2,00	<5	<10	43,00	<2	240,70
		Raíz	<0.2	194,00	<3	3,00	3,00	1,00	5,90	215,00	<1	304,00	31,00	<1	<2	<5	<10	17,30	<2	32,90
	Repetición 02	Parte aérea	0,30	576,00	101,00	5,00	9,00	2,00	11,60	953,00	<1	676,00	124,00	<1	<2	<5	<10	25,70	<2	136,30
		Raíz	<0.2	861,00	40,00	7,00	6,00	3,00	11,60	961,00	<1	578,00	138,00	1,00	<2	<5	<10	17,40	<2	153,90
	Repetición 03	Parte aérea	0,50	608,00	73,00	16,00	3,00	2,00	9,80	1116,00	<1	754,00	265,00	1,00	<2	<5	<10	21,30	<2	210,20
		Raíz	1,60	1723,00	183,00	22,00	7,00	3,00	24,70	2685,00	<1	1104,00	766,00	2,00	7,00	5,00	<10	19,90	<2	664,30
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	Repetición 01	Parte aérea	<0.2	147,00	17,00	2,00	8,00	2,00	5,10	271,00	<1	484,00	173,00	1,00	<2	<5	<10	42,40	<2	309,60
		Raíz	<0.2	501,00	21,00	4,00	4,00	1,00	7,80	496,00	<1	350,00	92,00	1,00	<2	<5	<10	19,30	<2	131,60
	Repetición 02	Parte aérea	<0.2	144,00	31,00	2,00	9,00	1,00	7,30	322,00	<1	827,00	137,00	<1	<2	<5	<10	47,30	<2	215,70
		Raíz	<0.2	283,00	59,00	2,00	5,00	<1	7,70	603,00	<1	324,00	161,00	<1	<2	<5	<10	15,10	<2	259,40
	Repetición 03	Parte aérea	<0.2	<100	8,00	3,00	6,00	7,00	8,80	287,00	<1	643,00	81,00	4,00	<2	<5	<10	34,30	<2	152,00
		Raíz	<0.2	369,00	23,00	7,00	3,00	3,00	15,20	983,00	<1	715,00	77,00	3,00	<2	<5	<10	30,50	<2	169,30

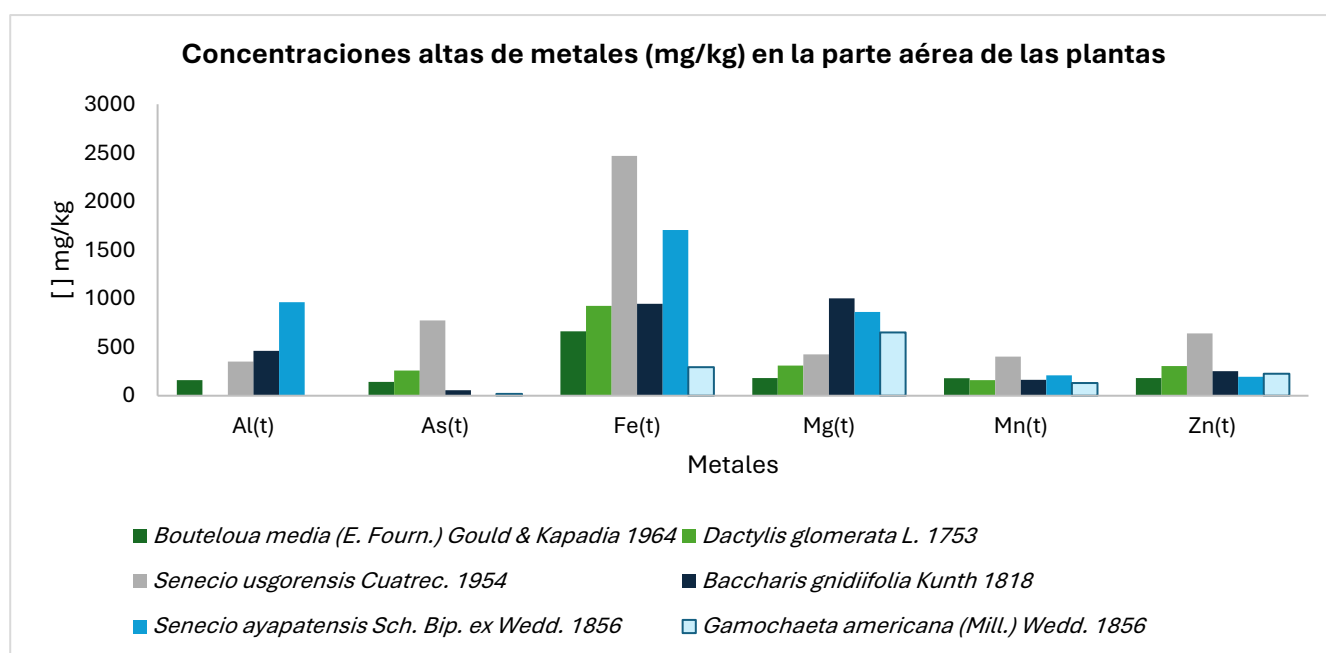


Como se observa en las Tablas 14 y 15, la concentración de mercurio (Hg), antimonio (Sb), estaño (Sn) y talio (Tl) en las plantas, y el níquel (Ni) en la parte aérea de las plantas del depósito de relaves se encuentra por debajo del límite de detección. En cuanto a las plantas del depósito de desmontes, la concentración de mercurio (Hg), níquel (Ni) y plomo (Pb), antimonio (Sb), estaño (Sn) y talio (Tl) se encuentran también por debajo del límite de detección. Es por ello que, para los análisis posteriores no se consideraron estos metales.

La concentración de metales pesados en las plantas varía significativamente por tipo de metal. En las siguientes Figuras 23, 24, 25 y 26 se muestran los valores promedio de la concentración de metales en la parte aérea y raíz de las seis plantas evaluadas en esta investigación.

Figura 23

Concentraciones altas promedio de metales en la parte aérea de las plantas

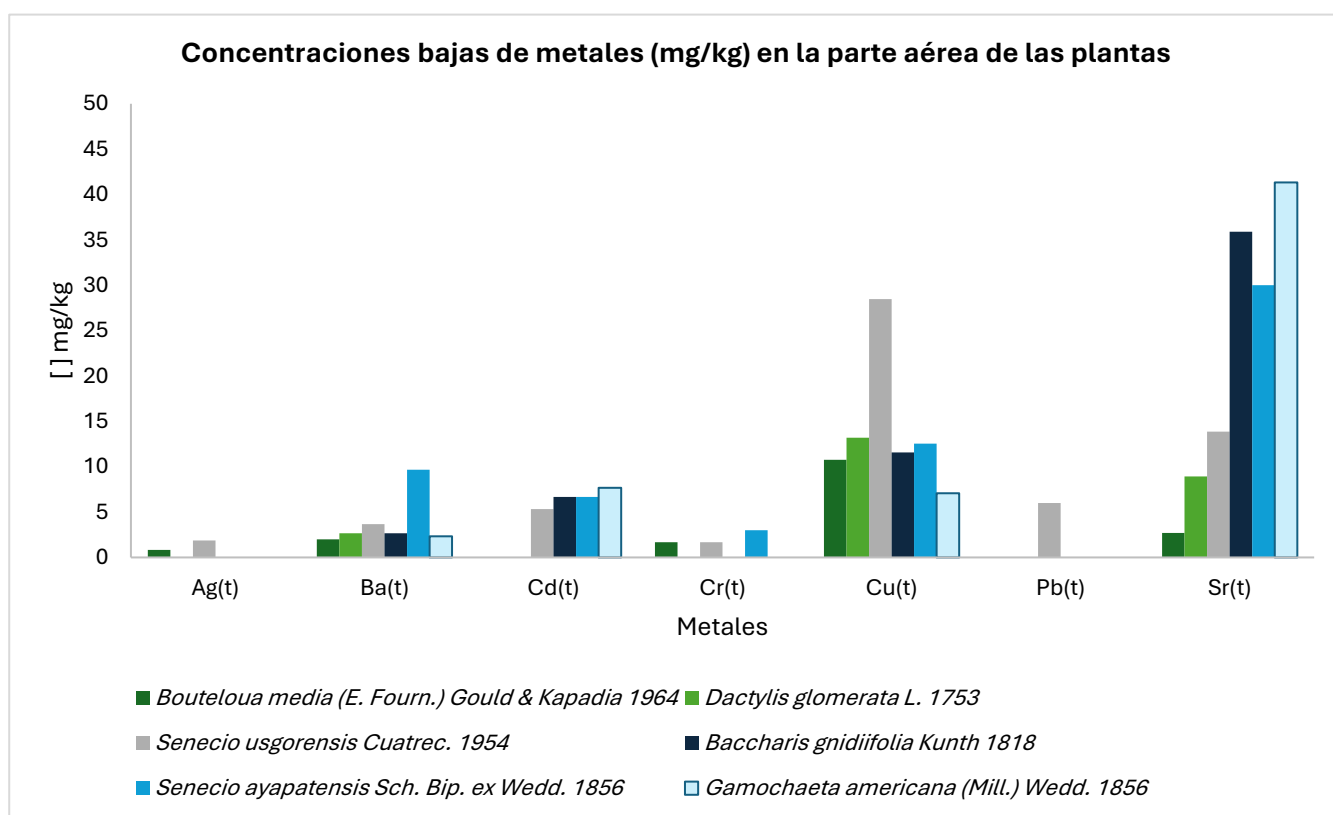


En la Figura 23 se observa que las mayores concentraciones de metales acumuladas por las plantas en su parte aérea fueron el hierro (293mg/kg-2468mg/kg), magnesio (183mg/kg-1002mg/kg), aluminio (161mg/kg-962mg/kg), arsénico (57mg/kg-775mg/kg), manganeso (130mg/kg-402mg/kg)

y zinc (196mg/kg-642mg/kg). La planta que acumuló más As, Fe, Mn y Zn (775mg/kg, 2468mg/kg, 402mg/kg y 642mg/kg respectivamente) fue *Senecio usgorensis* Cuatrec.1954; *Senecio ayapatensis* Scg. Bip. Ex. Wedd. 1856 acumuló más aluminio (962mg/kg) y *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818, magnesio (1002mg/kg).

Figura 24

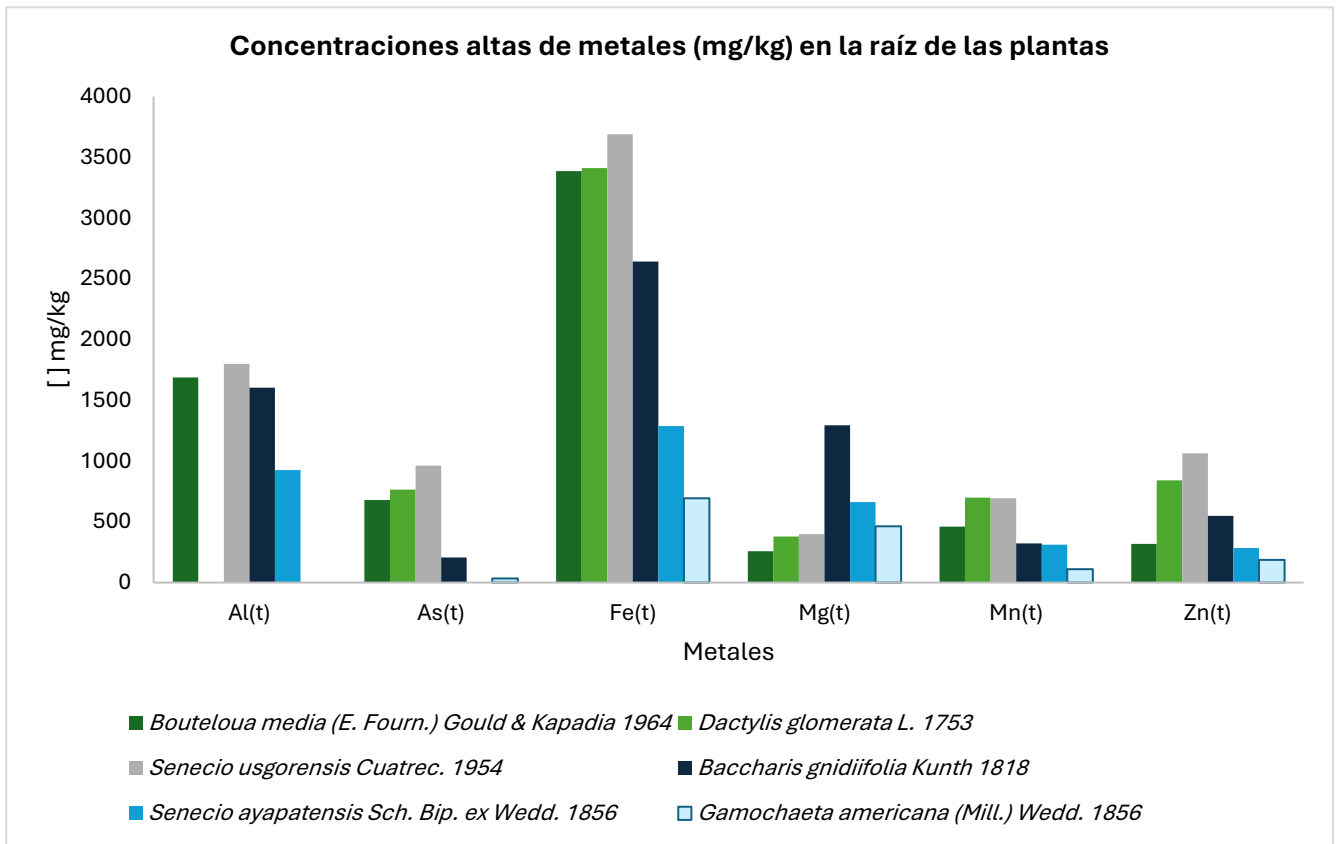
Concentraciones bajas promedio de metales en la parte aérea de las plantas



En la Figura 24 se observa que las plantas acumularon en su parte aérea menor cantidad de estos metales (Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb y Sr) en comparación con los de la Figura 23. El *Senecio usgorensis* Cuatrec.1954 acumuló todos los metales mostrando un mejor comportamiento que las demás; la planta que más acumuló estroncio (41mg/kg) fue *Gamochaeta americana* (Mill) Wedd.1856 y *Senecio ayapatensis* Scg. Bip. Ex. Wedd. 1856 fue la que acumuló más bario (10mg/kg).

Figura 25

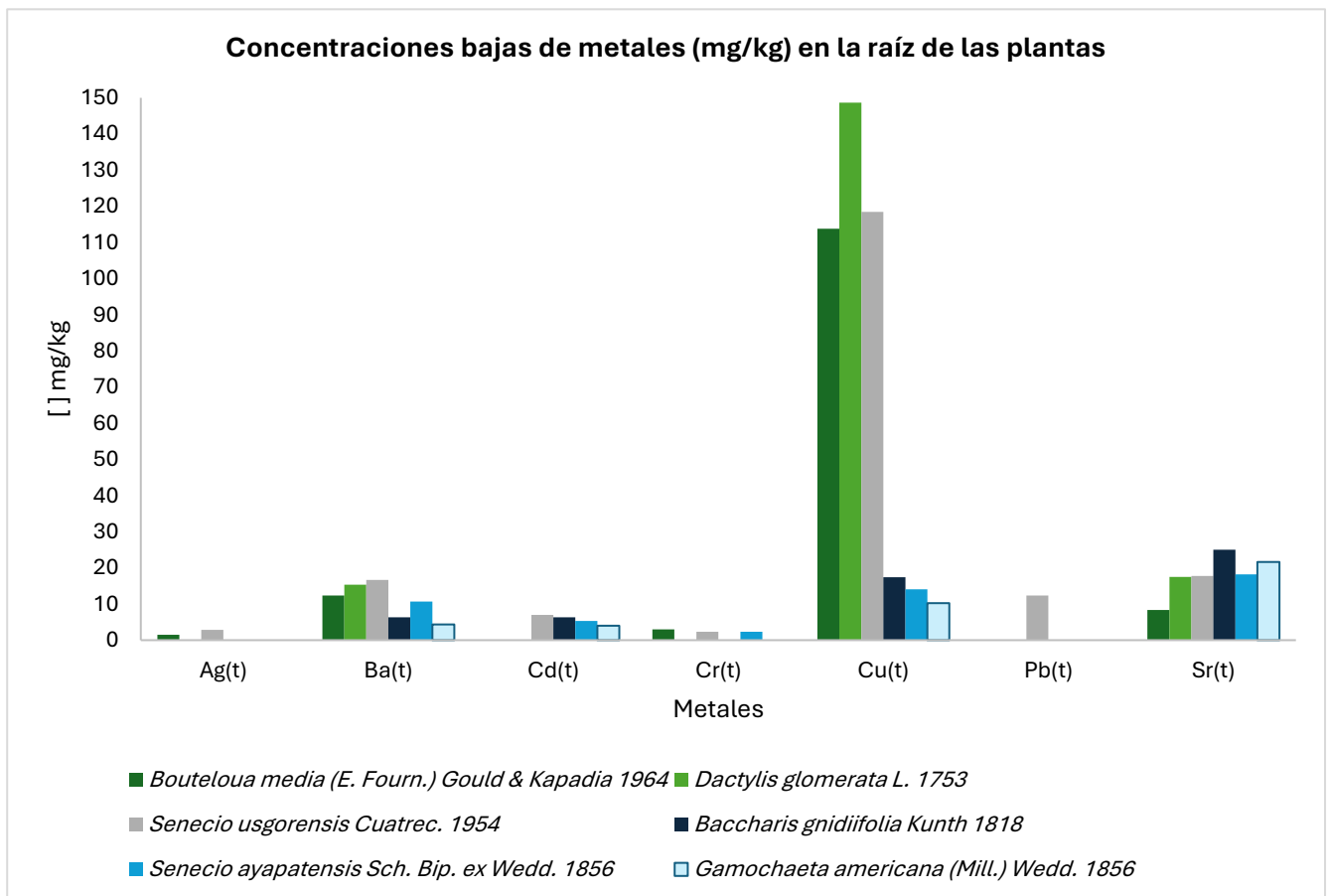
Concentraciones altas promedio de metales en la raíz de las plantas



En la Figura 25 se observa que las mayores concentraciones de metales acumuladas por las plantas en su raíz fueron el hierro (694mg/kg–3689mg/kg), aluminio (926mg/kg–1799mg/kg), magnesio (258mg/kg–1294mg/kg), arsénico (34mg/kg-962mg/kg), manganeso (110mg/kg-698mg/kg) y zinc (187mg/kg-1063mg/kg). La planta que acumuló más Al, As, Fe y Zn (1799mg/kg, 962mg/kg, 3689mg/kg y 1063mg/kg respectivamente) fue *Senecio ugorensis* Cuatrec.1954; *Dactylis glomerata* L. 1753 acumuló más manganeso (698mg/kg) y *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818, magnesio (1294mg/kg).

Figura 26

Concentraciones bajas promedio de metales en la raíz de las plantas



En la Figura 26 se observa que las plantas acumularon en su raíz menor cantidad de estos metales (Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb y Sr) en comparación con los de la Figura 25. El *Senecio usgorensis* Cuatrec.1954 acumuló todos los metales mostrando un mejor comportamiento que las demás y acumuló más Ag, Ba, Cd y Pb (2.8mg/kg, 17mg/kg, 7mg/kg y 12mg/kg respectivamente). La planta que más acumuló cobre (149mg/kg) fue *Dactylis glomerata* L. 1753; *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818 acumuló más estroncio (25mg/kg) y *Bouteloua media* (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964, cromo (3mg/kg).

4.3. DESTINO DE ACUMULACIÓN DE METALES

Para entender mejor la acumulación de metales pesados en el sistema planta-substrato, se evaluó en porcentajes el destino promedio mayoritario de la acumulación de estos, veamos las siguientes Figuras:

- En las Figuras 27, 28 y 29 respecto a las plantas del depósito de relaves, se observa que la acumulación de metales es mayor en los substratos de *Bouteloua media* (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964, *Dactylis glomerata* L. 1753 y *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954, con un valor promedio de 77%, 75% y 72% respectivamente. Estos porcentajes indican que hay una gran acumulación en la rizosfera, por ello las plantas muestran un comportamiento fitoestabilizador de estos metales.
- En las Figuras 30, 31 y 32 respecto a las plantas del depósito de desmontes, se observa que la acumulación de metales es mayor en los substratos de *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818, *Senecio ayapatensis* Sch. Bip. ex Wedd. 1856 y *Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd. 1856, con un valor promedio de 78%, 73% y 80% respectivamente, con excepción del cadmio (Cd) el cual muestra mayor acumulación en la parte aérea de las plantas con un 38%, 44% y 44% respectivamente, y del estroncio (Sr) que se acumula en la parte aérea con un 34%, 36% y 43% respectivamente. Estos porcentajes indican que hay una gran acumulación en la rizosfera, por ello las plantas muestran un comportamiento fitoestabilizador de estos metales y fitoextractor de cadmio (Cd) y estroncio (Sr).

Figura 27
 Acumulación de metales en *Bouteloua media* (E. Fourn.)
 Gould & Kapadia 1964

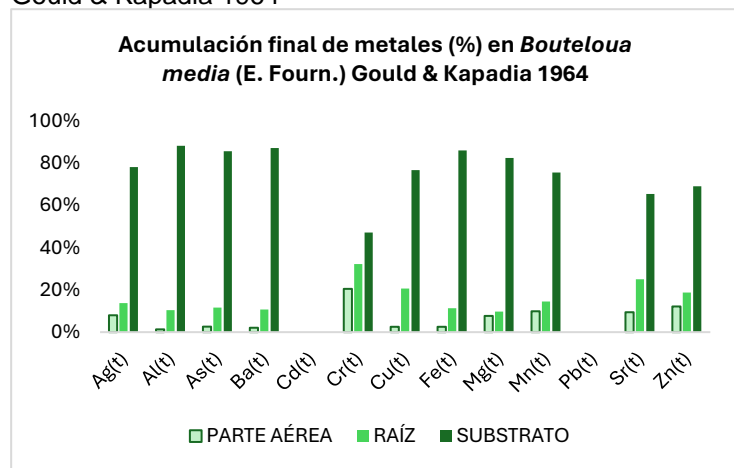


Figura 28
 Acumulación de metales en *Dactylis glomerata* L. 1753

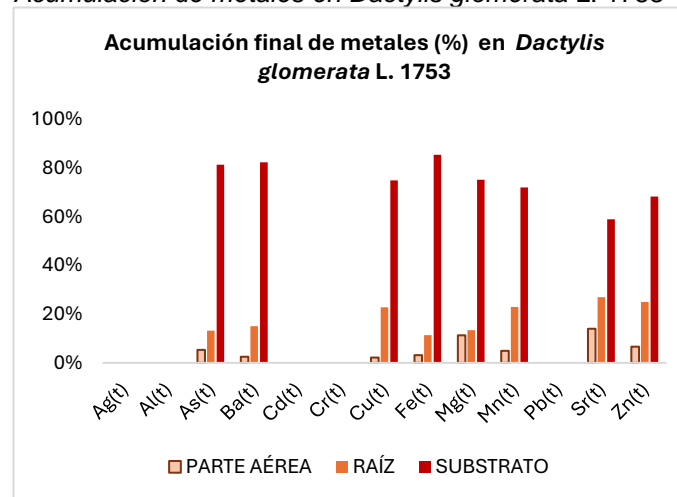


Figura 29
 Acumulación de metales en *Senecio usgorensis*
 Cuatrec. 1954

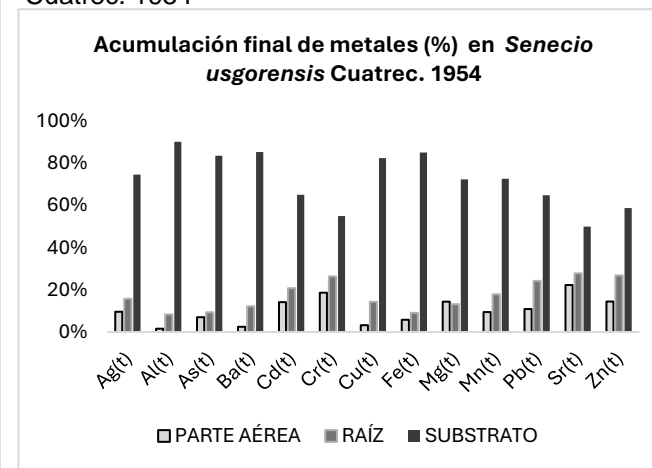


Figura 30
 Acumulación de metales en *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818

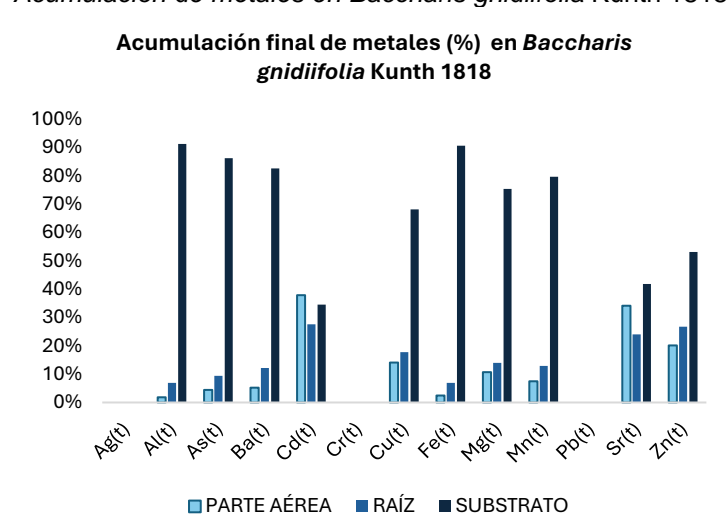


Figura 31
 Acumulación de metales en *Senecio ayapatensis* Sch.
 Bip. ex Wedd. 1856

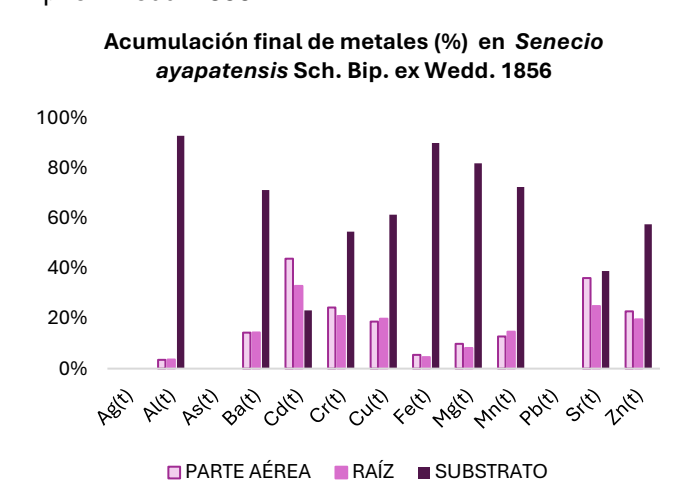
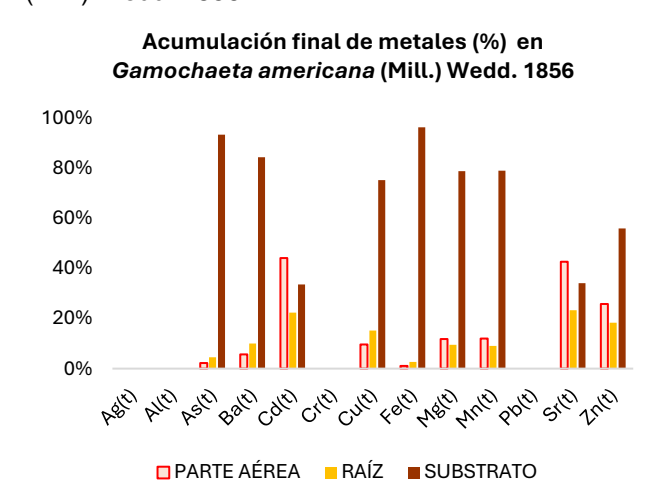


Figura 32
 Acumulación de metales en *Gamochaeta americana*
 (Mill.) Wedd. 1856



4.4. FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN (FBC)

Para el análisis del FBC de la parte aérea de la planta, primero se realizó las comparaciones de la concentración del metal en la parte aérea de la planta según Prieto et al. (2009):

- Si Cd (mg/kg) > 100 mg/kg planta hiperacumuladora.
- Si Cu, Co, Cr, Ni o Pb (mg/kg) > 1000 (mg/kg) planta hiperacumuladora.
- Si Mn o Zn (mg/kg) > 10 000 mg/kg planta hiperacumuladora.

Como resultado se obtuvo que ninguna planta es hiperacumuladora de metales en su parte aérea.

Luego, se realizó el análisis del FBC en la raíz y parte aérea tal como se observa en la Tabla 16 y Tabla 17 respectivamente.

Los valores de rojo en ambas tablas indican que el metal de la planta no será analizado ya que no cuenta con los 3 valores de sus repeticiones por lo que no es representativa para su evaluación.

Tabla 16

Factor de Bioconcentración en la raíz de las plantas

ESPECIE	REPETICIONES	FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN EN LA RAÍZ (FBCr)														
		Ag(t)	Al(t)	As(t)	Ba(t)	Cd(t)	Cr(t)	Cu(t)	Fe(t)	Mg(t)	Mn(t)	Ni(t)	Pb(t)	Sb(t)	Sr(t)	Zn(t)
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	Repetición 01	0,28	0,16	0,18	0,16	0,37	1,02	0,28	0,19	0,13	0,30	0,11	0,20	0,34	0,38	0,40
	Repetición 02	0,16	0,10	0,17	0,11	0,40	0,37	0,27	0,12	0,10	0,14	0,10	0,15	0,55	0,32	0,28
	Repetición 03	0,09	0,10	0,06	0,10	0,24	0,83	0,25	0,09	0,13	0,14	-	0,10	0,35	0,45	0,14
<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	Repetición 01	0,33	0,17	0,22	0,18	0,36	0,39	0,29	0,17	0,22	0,24	0,11	0,44	0,44	0,38	0,42
	Repetición 02	0,51	0,12	0,20	0,20	0,98	0,39	0,36	0,15	0,17	0,39	0,06	0,69	1,00	0,59	0,62
	Repetición 03	0,11	0,12	0,08	0,17	0,14	0,48	0,27	0,09	0,14	0,33	0,03	0,29	0,24	0,41	0,14
<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954	Repetición 01	0,36	0,14	0,18	0,23	0,43	0,40	0,28	0,15	0,20	0,41	0,11	0,47	0,63	0,59	0,69
	Repetición 02	0,09	0,04	0,04	0,07	0,25	0,67	0,09	0,05	0,15	0,11	-	0,30	0,27	0,38	0,31
	Repetición 03	0,21	0,10	0,12	0,14	0,29	0,41	0,17	0,12	0,20	0,26	0,04	0,35	0,33	0,74	0,41
<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818	Repetición 01	0,25	0,09	0,17	0,17	2,72	0,65	0,32	0,10	0,18	0,20	-	-	-	0,48	0,82
	Repetición 02	0,07	0,05	0,10	0,12	1,06	0,65	0,33	0,05	0,18	0,13	0,50	-	-	1,00	0,93
	Repetición 03	0,09	0,08	0,06	0,16	0,31	0,82	0,16	0,08	0,20	0,15	0,33	0,002	0,16	0,46	0,16
<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	Repetición 01	-	0,01	-	0,08	2,78	0,13	0,13	0,01	0,03	0,03	-	-	-	0,20	0,11
	Repetición 02	-	0,04	0,06	0,11	1,44	0,59	0,31	0,04	0,09	0,15	0,25	-	-	0,95	0,23
	Repetición 03	0,48	0,08	0,21	0,55	1,10	0,46	0,57	0,11	0,19	0,51	0,33	0,01	0,71	1,22	0,73
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	Repetición 01	-	0,02	0,04	0,07	2,04	0,27	0,20	0,02	0,06	0,13	0,33	-	-	0,29	0,56
	Repetición 02	-	0,02	0,01	0,07	0,12	-	0,04	0,01	0,05	0,03	-	-	-	0,52	0,04
	Repetición 03	-	0,05	0,10	0,23	2,46	0,45	0,46	0,05	0,29	0,21	0,43	-	-	2,07	0,79



Tabla 17

Factor de Bioconcentración en la parte aérea de las plantas

ESPECIE	REPETICIONES	Factor de Bioconcentración en la parte aérea (FBCa)														
		Ag(t)	Al(t)	As(t)	Ba(t)	Cd(t)	Cr(t)	Cu(t)	Fe(t)	Mg(t)	Mn(t)	Ni(t)	Pb(t)	Sb(t)	Sr(t)	Zn(t)
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	Repetición 01	0.06	0.01	0.02	0.01	-	0.21	0.02	0.02	0.09	0.05	-	-	-	0.07	0.11
	Repetición 02	0.08	0.01	0.02	0.02	-	0.18	0.02	0.01	0.05	0.10	0.05	-	-	0.12	0.11
	Repetición 03	0.16	0.03	0.05	0.03	0.24	1.25	0.07	0.05	0.14	0.25	-	0.25	-	0.26	0.31
<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	Repetición 01	0.25	0.02	0.17	0.04	0.08	0.20	0.05	0.07	0.20	0.08	-	0.17	-	0.30	0.15
	Repetición 02	-	-	0.01	0.03	-	-	0.01	0.01	0.09	0.03	0.13	-	-	0.17	0.05
	Repetición 03	0.06	0.01	0.03	0.02	0.07	0.48	0.03	0.03	0.17	0.10	-	0.09	0.12	0.24	0.10
<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954	Repetición 01	0.12	0.02	0.10	0.04	0.14	0.20	0.05	0.07	0.17	0.15	-	0.16	-	0.35	0.22
	Repetición 02	0.13	0.01	0.05	0.02	0.25	0.44	0.02	0.05	0.23	0.07	0.09	0.15	0.18	0.47	0.20
	Repetición 03	0.14	0.02	0.10	0.03	0.26	0.41	0.05	0.09	0.19	0.19	0.04	0.20	0.25	0.52	0.31
<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818	Repetición 01	0.25	0.04	0.11	0.10	4.08	1.77	0.23	0.05	0.14	0.13	1.25	-	-	0.58	1.10
	Repetición 02	-	0.01	0.04	0.03	1.77	-	0.35	0.01	0.18	0.08	-	-	-	1.98	0.47
	Repetición 03	0.01	0.02	0.01	0.06	0.23	1.63	0.08	0.02	0.11	0.07	0.67	-	-	0.48	0.04
<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	Repetición 01	0.38	0.06	0.46	0.21	7.41	0.63	0.37	0.10	0.13	0.22	0.50	0.01	-	0.50	0.83
	Repetición 02	0.10	0.02	0.16	0.08	2.15	0.39	0.31	0.04	0.10	0.14	-	-	-	1.40	0.20
	Repetición 03	0.15	0.03	0.08	0.40	0.47	0.31	0.22	0.05	0.13	0.18	0.17	-	-	1.31	0.23
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	Repetición 01	-	0.01	0.03	0.04	4.08	0.54	0.13	0.01	0.08	0.25	0.33	-	-	0.63	1.31
	Repetición 02	-	0.01	0.01	0.07	0.22	0.20	0.04	0.01	0.13	0.03	-	-	-	1.64	0.04
	Repetición 03	-	-	0.04	0.10	4.92	1.06	0.27	0.01	0.26	0.22	0.57	-	-	2.33	0.71



Los datos obtenidos de las Tablas 16 y 17 fueron procesados estadísticamente, en la que se analizó la prueba de Shapiro-Wilk (Ver Anexo 6), ya que son menos de 30 datos los cuales están por encima del nivel de significancia de 0.05 con una probabilidad de 95%, lo cual indica que los datos se distribuyen normalmente. Posterior a ello, se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) (Ver Anexo 6) para la evaluación de la diferencia de medias entre las plantas respecto su Factor de Bioconcentración. En la siguiente Tabla 18 se tiene las medias de los FBC:

Tabla 18

Medias del Factor de Bioconcentración en la parte aérea y raíz de las plantas

ESPECIES	ÍNDICES	Ag	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sr	Zn
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	FBCa	0.10	0.02	0.03	0.02	-	0.55	0.03	0.03	0.09	0.13	-	-	-	0.15	0.18
	FBCr	0.18	0.12	0.14	0.12	0.34	0.74	0.27	0.13	0.12	0.19	-	0.15	0.41	0.38	0.27
<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	FBCa	-	-	0.07	0.03	-	-	0.03	0.04	0.15	0.07	-	-	-	0.24	0.10
	FBCr	0.32	0.14	0.17	0.18	0.49	0.42	0.31	0.14	0.18	0.32	0.07	0.47	0.56	0.46	0.39
<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954	FBCa	0.13	0.02	0.08	0.03	0.22	0.35	0.04	0.07	0.20	0.14	-	0.17	-	0.45	0.24
	FBCr	0.22	0.09	0.11	0.15	0.32	0.49	0.18	0.11	0.18	0.26	-	0.37	0.41	0.57	0.47
<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818	FBCa	-	0.02	0.05	0.06	2.03	-	0.22	0.03	0.14	0.09	-	-	-	1.01	0.54
	FBCr	0.14	0.07	0.11	0.15	1.36	0.71	0.27	0.08	0.18	0.16	-	-	-	0.65	0.64
<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	FBCa	0.21	0.04	0.23	0.23	3.34	0.44	0.30	0.06	0.12	0.18	-	-	-	1.07	0.42
	FBCr	-	0.04	-	0.25	1.77	0.39	0.34	0.05	0.10	0.23	-	-	-	0.79	0.36
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	FBCa	-	-	0.03	0.07	3.07	0.60	0.15	0.01	0.16	0.17	-	-	-	1.53	0.69
	FBCr	-	0.03	0.05	0.12	1.54	-	0.23	0.03	0.13	0.12	-	-	-	0.96	0.46

En la Tabla 18 se observa que no hay valores mayores que 10 por lo que, según Vyslouzilova et al. (2003) y Yoon et al. (2006) significa que ninguna planta es hiperacumuladora en su raíz ni en su parte aérea; por otro lado, los valores en rojo son mayores a 1, lo que significa que la planta es acumuladora de ese metal ya sea en la raíz o en la parte aérea; por último, los valores menores a 1 indican que las plantas son excluyentes del metal. En resumen, tenemos la siguiente Tabla 19:

Tabla 19
Clasificación de plantas según su Factor de Bioconcentración

ESPECIES	ACUMULADORA	EXCLUYENTE
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964		Las tres plantas son excluyentes de Al, As, Ag, Ba, Cr, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, Pb, Sb, Sr y Zn.
<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	Ninguna de las tres plantas es acumuladora de metales	Solo <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753 es excluyente de Níquel (Ni).
<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954		
<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818		La planta es excluyente de Ag, Al, As, Ba, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn
<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	Las tres plantas son acumuladoras de Cadmio (Cd) y Estroncio (Sr) en la parte aérea, y en menor cantidad Cadmio (Cd) en la raíz	La planta es excluyente de Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856		La planta es excluyente de Al, Ba, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn

En las siguientes Figuras 33 y 34 se muestran los FBCr de las plantas en ambos depósitos:

Figura 33

Factor de Bioconcentración en la raíz de las plantas del depósito de relaves

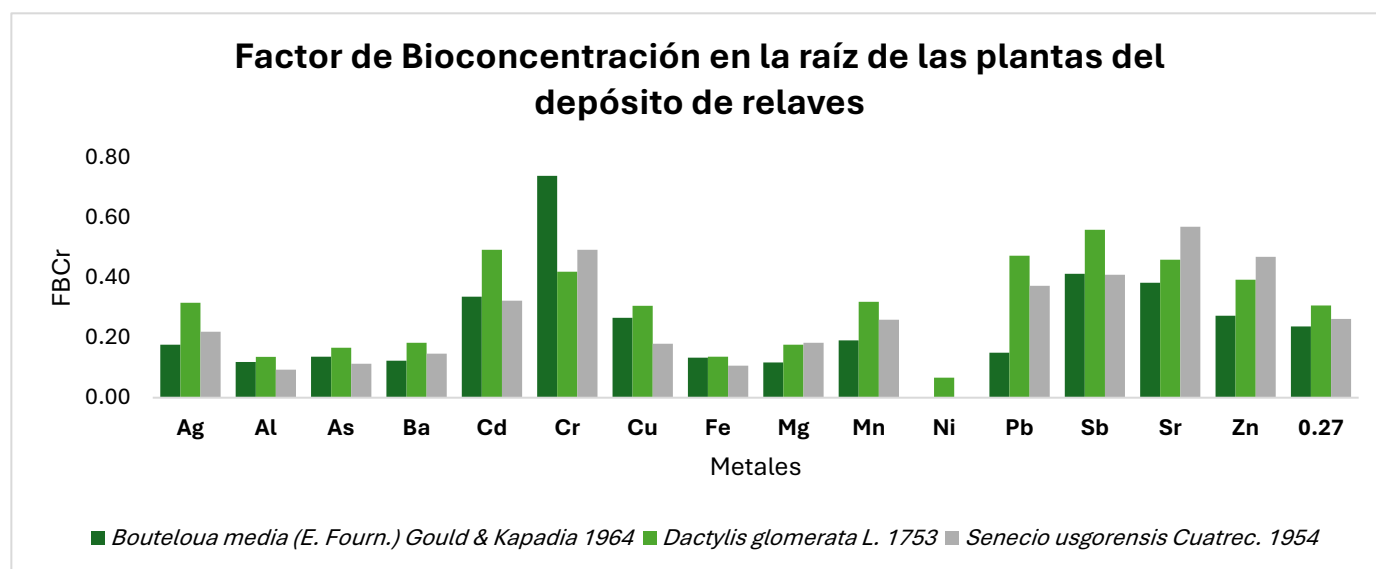
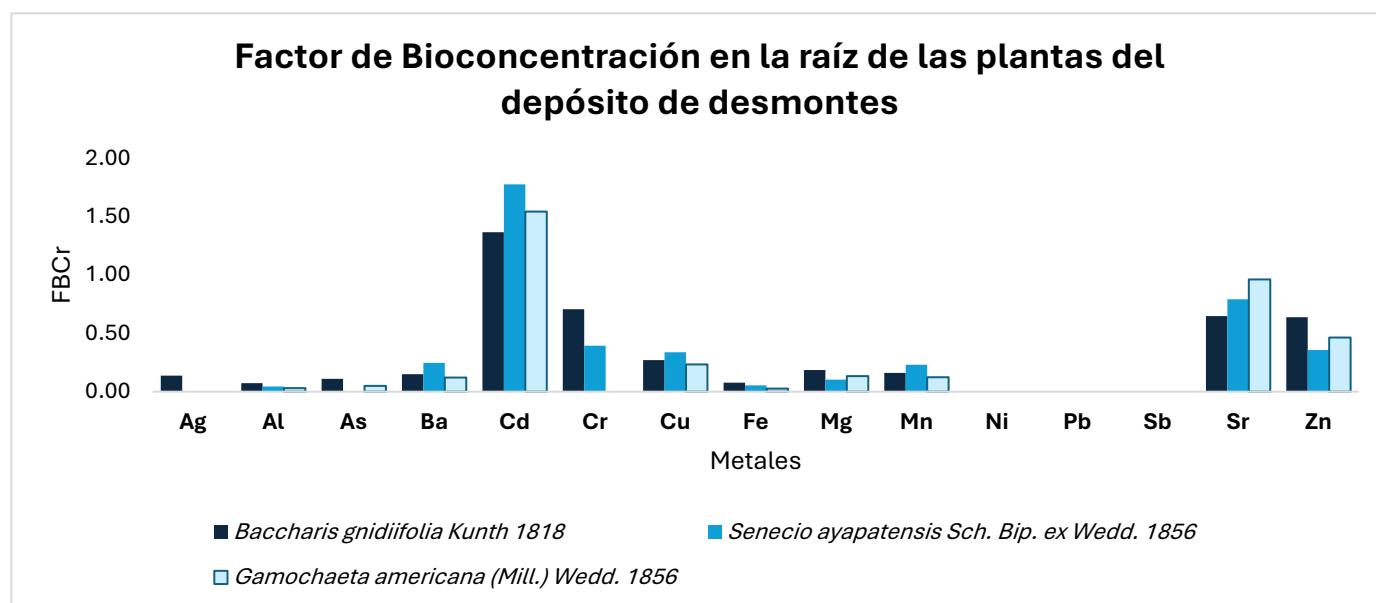


Figura 34

Factor de Bioconcentración en la raíz de las plantas del depósito de desmontes



Según los FBC de la raíz, en la Figura 33 se observa que, las plantas del depósito de relaves tuvieron mayor índice de acumulación de metales: Cromo (0.42-0.74), estroncio (0.38-0.57) y antimonio (0.41-0.56) en su raíz. La única planta que acumuló níquel (0.07) en su raíz fue *Dactylis glomerata* L.1753.

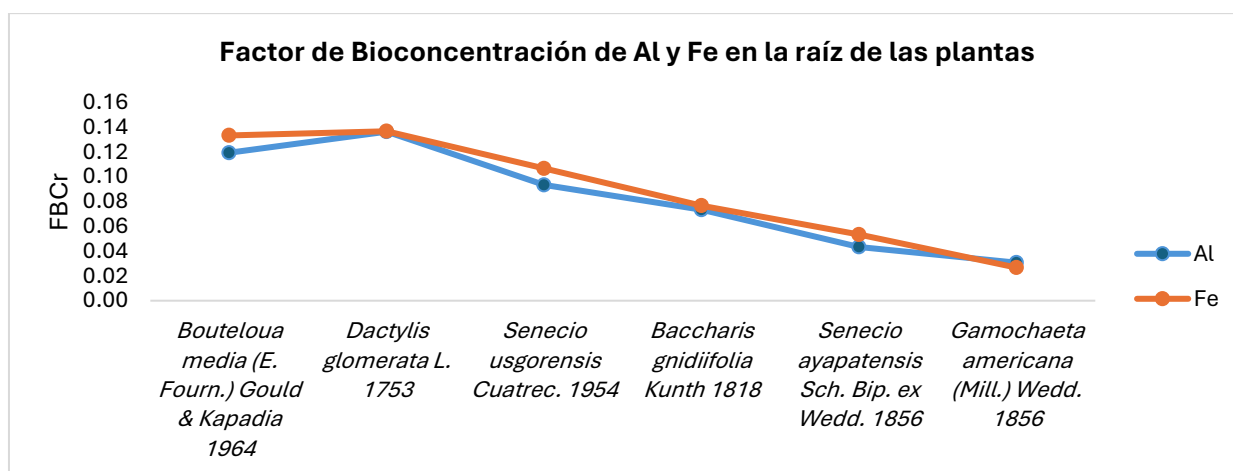
Por otro lado, en la Figura 34, las plantas del depósito de desmontes tuvieron mayor índice de acumulación de metales: Cadmio (1.36-1.77), seguido por el estroncio (0.65-0.96) y zinc (0.36-0.64) en su raíz. Además, las tres plantas no acumularon en su raíz níquel (Ni), plomo (Pb) ni antimonio (Sb), y solo *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818 acumuló plata (0.14).

Respecto a la especie y al metal que acumularon en la raíz tenemos que al evaluar las medias del FBCr con la Prueba ANOVA (Ver Anexo 6), podemos observar que la acumulación de Ag, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Mg, Mn, Pb, Sb, Sr y Zn en la raíz de las seis plantas no presentan diferencias significativas, obteniendo un nivel de significancia de 0.47, 0.31, 0.79, 0.16, 0.18, 0.79, 0.54, 0.55, 0.06, 0.74, 0.70 y 0.77, respectivamente; por lo que se concluye que los datos obtenidos son estadísticamente iguales. Por el contrario, el Al y Fe tienen un nivel de significancia de 0.013 y 0.04 respectivamente (menor a 0.05), por lo que se concluye que son estadísticamente diferentes.

Todo ello quiere decir que estadísticamente las seis plantas evaluadas no muestran un comportamiento diferente al acumular metales (Ag, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Mg, Mn, Pb, Sb, Sr y Zn) en su raíz con excepción al Al y Fe, tal como se observa las diferencias en la Figura 35.

Figura 35

Factor de Bioconcentración de Al y Fe en la raíz de las plantas



En las siguientes Figuras 36 y 37 se muestran los FBCa de las plantas en ambos depósitos:

Figura 36

Factor de Bioconcentración en la parte aérea de las plantas del depósito de relaves

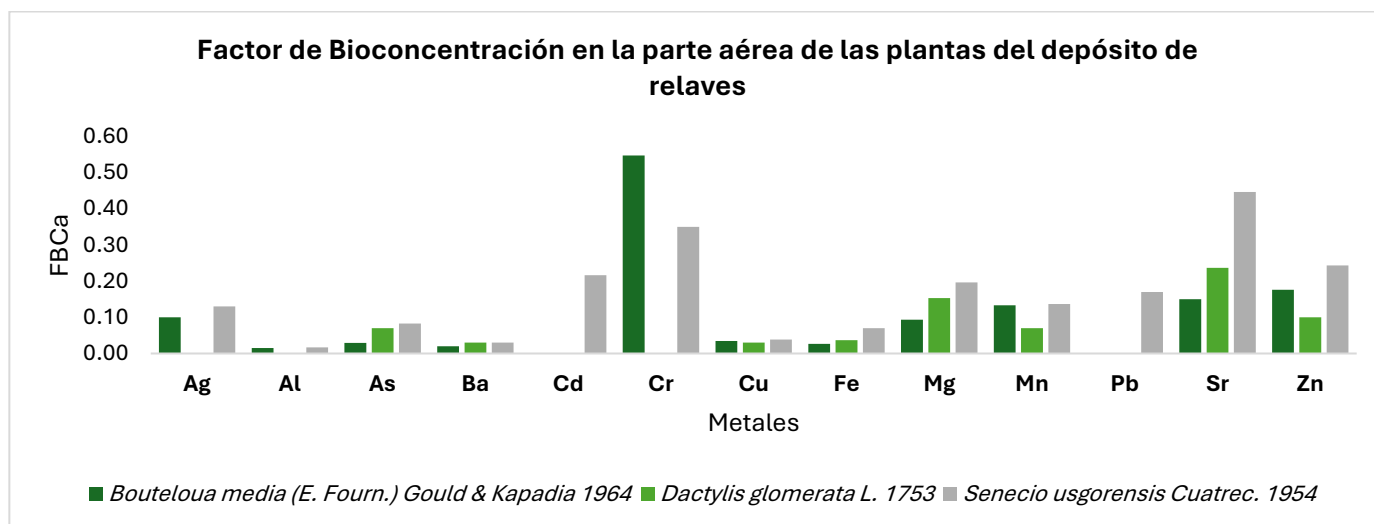
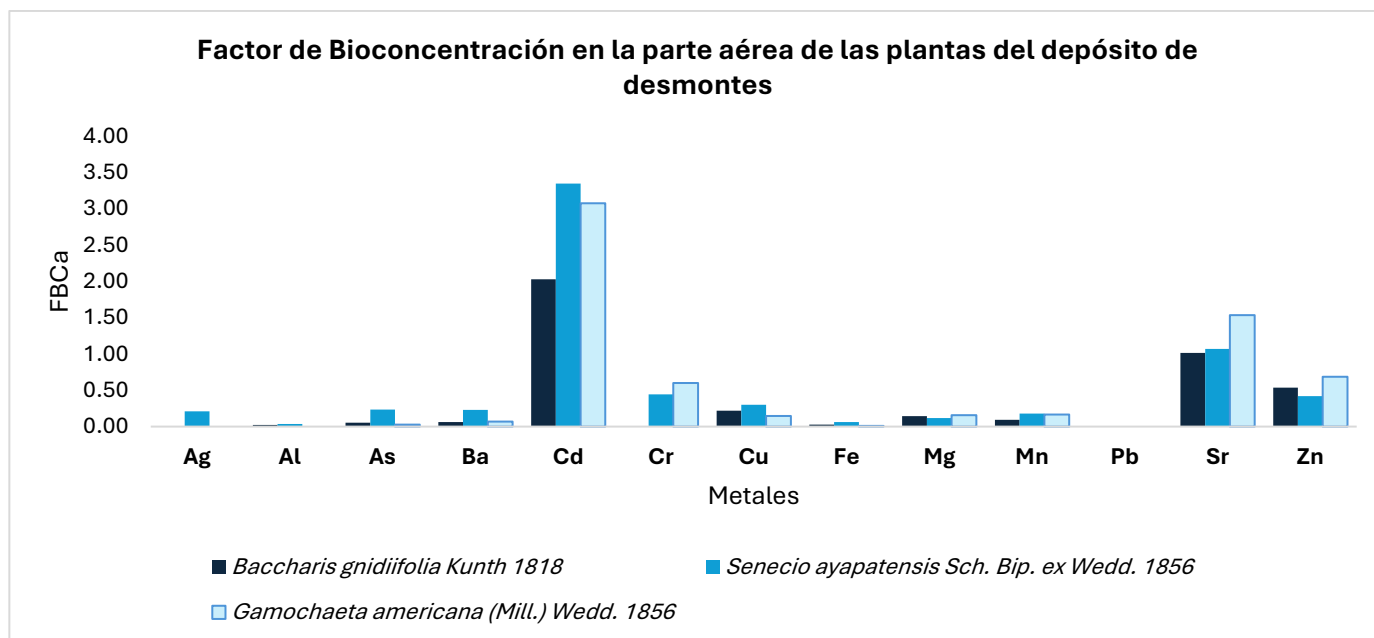


Figura 37

Factor de Bioconcentración en la parte aérea de las plantas del depósito de desmontes



Según los FBC de la parte aérea, en la Figura 36 se observa que, las plantas del depósito de relaves tuvieron mayor índice de acumulación de metales: Cromo (0.35-0.55), estroncio (0.15-0.45) y zinc (0.10-0.24) en su parte aérea.

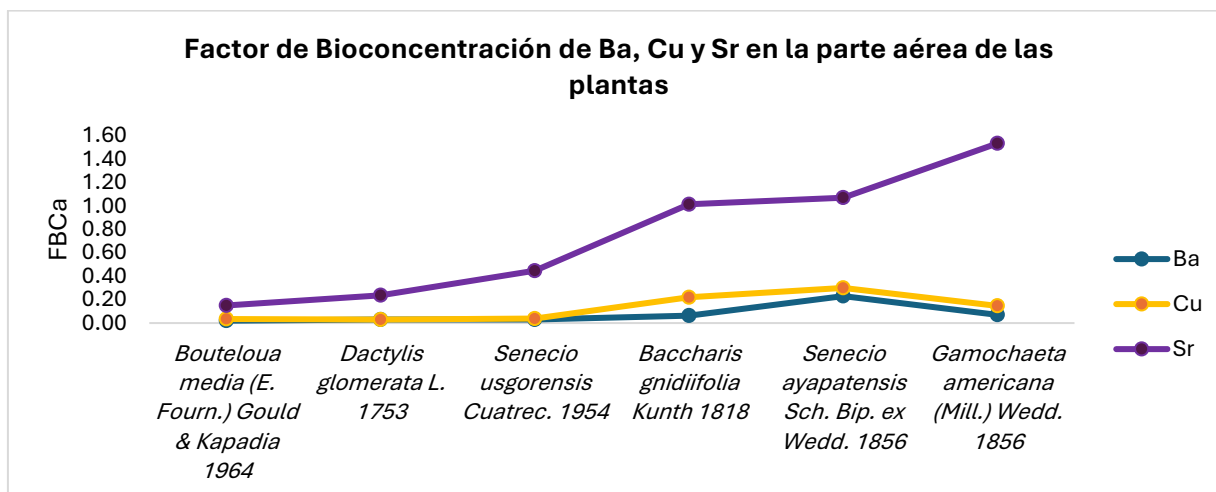
La única planta que acumuló cadmio (0.22) y plomo (0.17) en su parte aérea fue el *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954. Por otro lado, en la Figura 37, las plantas del depósito de desmontes tuvieron mayor índice de acumulación de metales: cadmio (2.03-3.34), estroncio (1.01-1.53) y zinc (0.42-0.69) en su parte aérea. Además, las tres plantas no acumularon en su parte aérea plomo (Pb), y solo *Senecio ayapatensis* Sch. Bip. ex Wedd. 1856 acumuló plata (0.21) en su parte aérea.

Respecto a la especie y al metal que acumularon en la parte aérea tenemos que al evaluar las medias del FBCa con la Prueba ANOVA (Ver Anexo 6), podemos observar que la acumulación de Ag, Al, As, Cd, Cr, Fe, Mg, Mn y Zn en la parte aérea de las plantas no presentan diferencias significativas, obteniendo un nivel de significancia de 0.38, 0.33, 0.14, 0.43, 0.86, 0.55, 0.30, 0.47 y 0.41 respectivamente; por lo que se concluye que los datos obtenidos son estadísticamente iguales. Por el contrario, el Ba, Cu y Sr tienen un nivel de significancia de 0.02, 0.01 y 0.047 respectivamente (menor que 0.05), por lo que se concluye que son estadísticamente diferentes.

Todo ello quiere decir que estadísticamente las seis plantas evaluadas no muestran un comportamiento diferente al acumular metales (Ag, Al, As, Cd, Cr, Fe, Mg, Mn y Zn) en su parte aérea con excepción al Ba, Cu y Sr, tal como se observa las diferencias en la Figura 38.

Figura 38

Factor de Bioconcentración de Ba, Cu y Sr en la parte aérea de las plantas



4.5. FACTOR DE TRASLOCACIÓN (FT)

Se realizó el análisis del FT de las plantas en cada repetición, los valores de rojo en la Tabla 20 indican que el metal de la planta no será analizado ya que no cuenta con los 3 valores de sus repeticiones por lo que no es representativa para su evaluación.

Los datos obtenidos de la Tabla 21 fueron procesados estadísticamente, en la que se analizó la prueba de Shapiro-Wilk (Ver Anexo 6) ya que son menos de 30 datos los cuales están por encima del nivel de significancia de 0.05 con una probabilidad de 95%, lo cual indica que los datos se distribuyen normalmente. Posterior a ello, se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) (Ver Anexo 6) para la evaluación de la diferencia de medias entre las plantas respecto su Factor de Traslocación.

Tabla 20

Factor de Traslocación de las plantas

ESPECIE	REPETICIONES	FT														
		Ag(t)	Al(t)	As(t)	Ba(t)	Cd(t)	Cr(t)	Cu(t)	Fe(t)	Mg(t)	Mn(t)	Ni(t)	Pb(t)	Sb(t)	Sr(t)	Zn(t)
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	Repetición 01	0,21	0,05	0,09	0,10	-	0,20	0,06	0,10	0,71	0,18	-	-	-	0,19	0,27
	Repetición 02	0,50	0,07	0,13	0,20	-	0,50	0,06	0,13	0,52	0,69	0,50	-	-	0,37	0,39
	Repetición 03	1,75	0,29	0,87	0,33	1,00	1,50	0,27	0,61	1,12	1,74	-	2,50	-	0,57	2,20
<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	Repetición 01	0,77	0,09	0,80	0,24	0,22	0,50	0,16	0,45	0,91	0,32	-	0,38	-	0,80	0,35
	Repetición 02	-	-	0,07	0,13	-	-	0,04	0,08	0,50	0,07	2,00	-	-	0,28	0,07
	Repetición 03	0,56	0,10	0,33	0,14	0,50	1,00	0,10	0,33	1,18	0,31	-	0,32	0,50	0,59	0,71
<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954	Repetición 01	0,32	0,12	0,53	0,16	0,33	0,50	0,17	0,43	0,84	0,36	-	0,33	-	0,59	0,32
	Repetición 02	1,45	0,28	1,29	0,29	1,00	0,67	0,27	0,96	1,59	0,61	-	0,50	0,67	1,26	0,65
	Repetición 03	0,67	0,23	0,85	0,24	0,90	1,00	0,29	0,74	0,98	0,73	1,00	0,56	0,76	0,71	0,77
<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818	Repetición 01	1,00	0,41	0,61	0,57	1,50	2,75	0,73	0,54	0,79	0,66	-	-	-	1,21	1,34
	Repetición 02	-	0,10	0,42	0,29	1,67	-	1,07	0,20	0,98	0,62	-	-	-	1,98	0,51
	Repetición 03	0,13	0,20	0,20	0,40	0,75	2,00	0,48	0,23	0,56	0,45	2,00	-	-	1,03	0,23
<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	Repetición 01	-	8,77	-	2,67	2,67	5,00	2,75	14,17	3,81	7,71	-	-	-	2,49	7,32
	Repetición 02	-	0,67	2,53	0,71	1,50	0,67	1,00	0,99	1,17	0,90	-	-	-	1,48	0,89
	Repetición 03	0,31	0,35	0,40	0,73	0,43	0,67	0,40	0,42	0,68	0,35	0,50	-	-	1,07	0,32
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	Repetición 01	-	0,29	0,81	0,50	2,00	2,00	0,65	0,55	1,38	1,88	1,00	-	-	2,20	2,35
	Repetición 02	-	0,51	0,53	1,00	1,80	-	0,95	0,53	2,55	0,85	-	-	-	3,13	0,83
	Repetición 03	-	-	0,35	0,43	2,00	2,33	0,58	0,29	0,90	1,05	1,33	-	-	1,12	0,90



En la siguiente Tabla 21 se tiene las medias de los Factores de Traslocación:

Tabla 21
Medias del Factor de Traslocación de las plantas

ESPECIES	FT												
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Pb	Sr	Zn
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	0,82	0,14	0,36	0,21	-	0,73	0,13	0,28	0,78	0,87	-	0,38	0,95
<i>Dactylis</i> <i>glomerata</i> L. 1753	-	-	0,40	0,17	-	-	0,10	0,29	0,86	0,23	-	0,56	0,38
<i>Senecio</i> <i>usgorensis</i> Cuatrec. 1954	0,81	0,21	0,89	0,23	0,74	0,72	0,24	0,71	1,14	0,57	0,46	0,85	0,58
<i>Baccharis</i> <i>gnidiifolia</i> Kunth 1818	-	0,24	0,41	0,42	1,31	-	0,76	0,32	0,78	0,58	-	1,41	0,69
<i>Senecio</i> <i>ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	-	3,26	-	1,35	1,53	1,94	1,38	5,19	1,55	2,99	-	1,68	2,84
<i>Gamochaeta</i> <i>americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	-	-	0,56	0,64	1,93	-	0,73	0,46	1,61	1,26	-	2,15	1,36

En la Tabla 21 se observa que los valores en rojo son mayores a 1, lo cual según Audet & Charest (2007), significa que la planta traslada eficazmente los metales de la raíz a la parte aérea de la planta, por lo que tiene potencial a ello y puede usarse con fines de fitoextracción. Por otro lado, los valores menores a 1 significan que el metal es retenido principalmente por las raíces por lo que su potencial es la fitoestabilización de metales. En resumen, tenemos la siguiente Tabla 22:

Tabla 22

Clasificación de plantas según su Factor de Traslocación

ESPECIES	DESCRIPCIÓN	COMPORTAMIENTO
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	La mayor acumulación de Ag, Al, As, Ba, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn se da en la raíz	La planta muestra un comportamiento fitoestabilizador de Ag, Al, As, Ba, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn
<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	La mayor acumulación de As, Ba, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn se da en la raíz	La planta muestra un comportamiento fitoestabilizador de As, Ba, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn
<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954	La mayor acumulación de Ag, Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr y Zn se da en la raíz Traslada eficazmente el Mg de la raíz hacia la parte aérea	La planta muestra un comportamiento fitoestabilizador de Ag, Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Pb, Sr y Zn; sin embargo, traslada eficazmente Mg hacia su parte aérea
<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818	La mayor acumulación de Al, As, Ba, Cu, Fe, Mg, Mn y Zn se da en la raíz Traslada eficazmente el Cd y Sr de la raíz hacia la parte aérea	La planta muestra un comportamiento fitoestabilizador de Al, As, Ba, Cu, Fe, Mg, Mn y Zn, y fitoextractor de Cd y Sr
<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	Traslada eficazmente el Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn de la raíz hacia la parte aérea	La planta muestra un comportamiento fitoestabilizador de Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn; sin embargo, los traslada también eficazmente desde su raíz hacia su parte aérea. Asimismo, muestra un comportamiento fitoextractor de Cd y Sr.
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	La mayor acumulación de As, Ba, Cu y Fe se da en la raíz Traslada eficazmente el Cd, Mg, Mn, Sr y Zn de la raíz hacia la parte aérea	La planta muestra un comportamiento fitoestabilizador de As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn y Zn; sin embargo, traslada eficazmente Mg, Mn y Zn hacia su parte aérea. Asimismo, muestra un comportamiento fitoextractor de Cd y Sr.

En las siguientes Figuras 39 y 40 se muestran los FT de las plantas en ambos depósitos:

Figura 39

Factor de Traslocación de las plantas del depósito de relaves

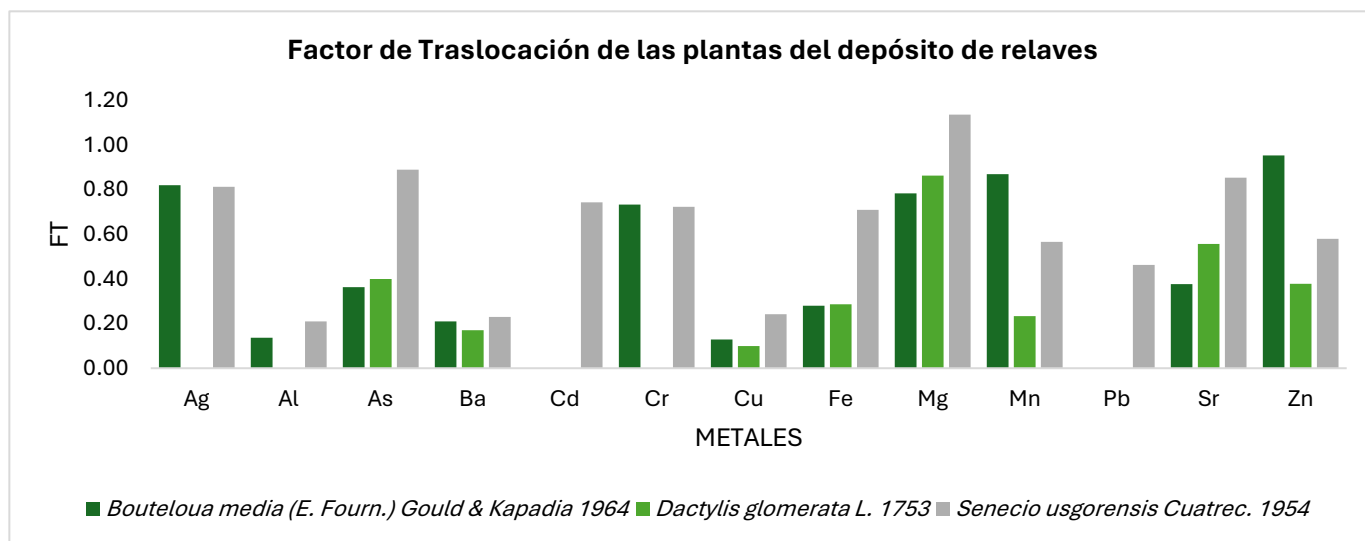
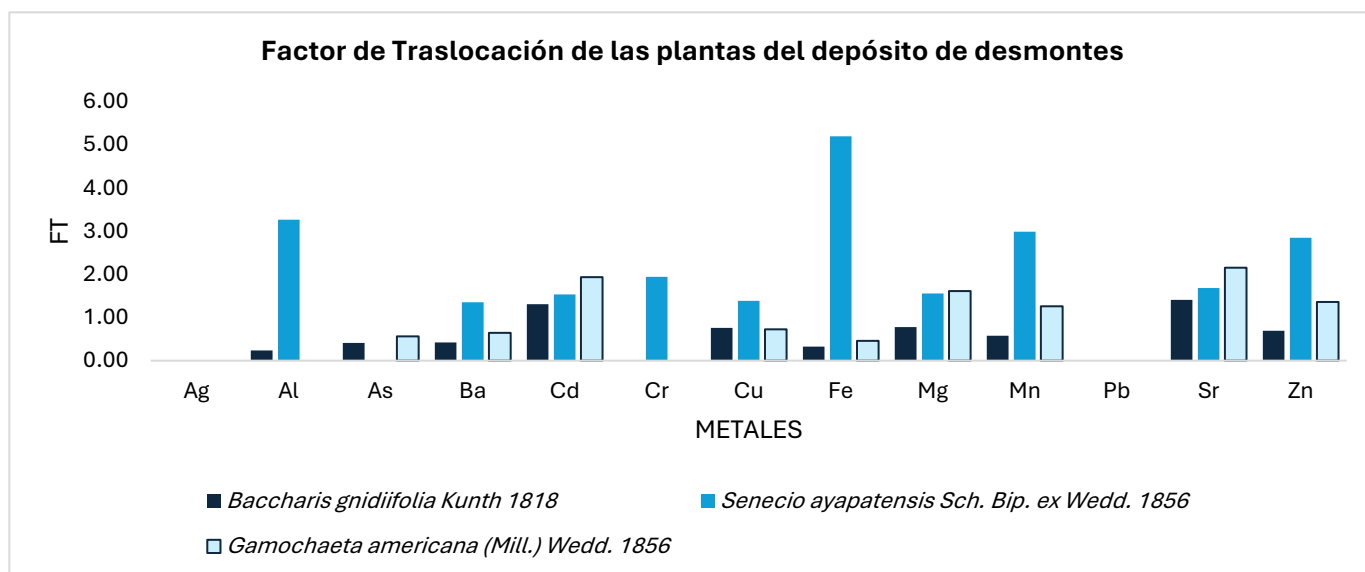


Figura 40

Factor de Traslocación de las plantas del depósito de desmontes



En la Figura 39 se observa que las plantas del depósito de relaves trasladaron de la raíz a la parte aérea en mayor cantidad los metales: Magnesio (0.78-1.14), seguido por el zinc (0.38-0.95) y estroncio (0.38-0.85). La única planta que trasladó de la raíz a la parte aérea el cadmio (0.74) y plomo (0.46) fue el *Senecio usgorensis* Cuatrec.1954.

En la Figura 40 se observa que las plantas del depósito de desmontes trasladaron de la raíz a la parte aérea en mayor cantidad los metales: Hierro (0.32-5.19), estroncio (1.41-2.15), zinc (0.69-2.84), manganeso (0.58-2.99) y cadmio (1.31-1.93). Ninguna de las tres plantas trasladó plata ni plomo a su parte aérea. La única planta que trasladó cromo (1.94) a su parte aérea fue el *Senecio ayapatensis* Sch. Bip ex Wedd. 1856.

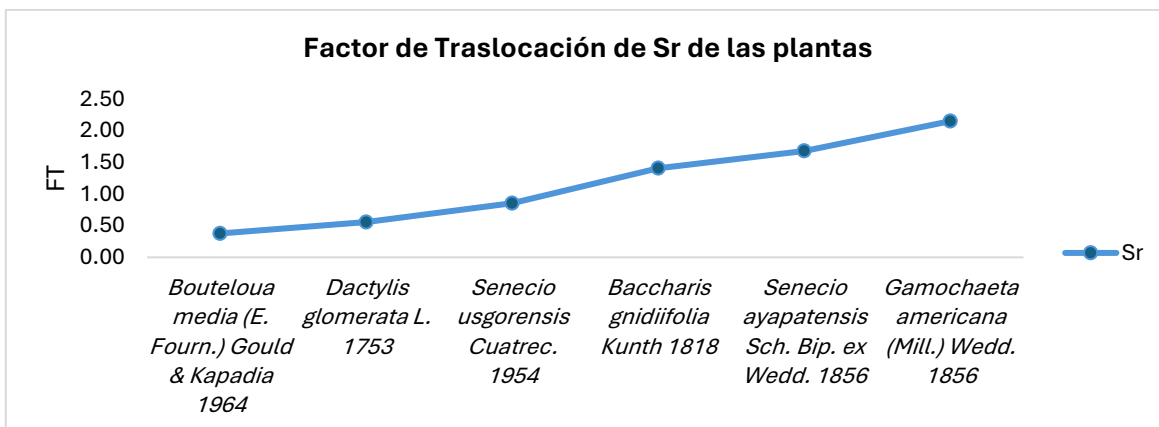
Las seis plantas no trasladaron níquel (Ni) ni antimonio (Sb) de la raíz a su parte aérea.

Respecto a la especie y al metal que trasladan de la raíz a la parte aérea, tuvimos que, al evaluar las medias del FT con la Prueba ANOVA (Ver Anexo 6), se observa que el traslado de Ag, Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn y Zn hacia la parte aérea de las plantas no presentaron diferencias significativas, obteniendo un nivel de significancia de 0.99, 0.36, 0.35, 0.08, 0.22, 0.49, 0.07, 0.39, 0.76, 0.46 y 0.55 respectivamente, por lo que se concluye que los datos obtenidos son estadísticamente iguales. Por el contrario, el estroncio tiene un nivel de significancia de 0.02 (menor a 0.05), por lo que se concluye que son estadísticamente diferentes.

Todo ello quiere decir que estadísticamente las seis plantas evaluadas no mostraron un comportamiento diferente al trasladar metales (Ag, Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn y Zn) hacia su parte aérea con excepción al Sr, tal como se observa las diferencias en la Figura 41.

Figura 41

Factor de Traslocación de Sr de las plantas



Al evaluar los FBC y FT, respecto al comportamiento fitorremediador de metales pesados de las plantas evaluadas, se obtuvo que si bien el *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954 fue la planta que acumuló mayor cantidad de metales tanto en su parte aérea como raíz, las plantas más eficaces para la fitorremediación de cada metal fueron de la siguiente manera:

Tabla 23

Especies más eficaces para la fitorremediación de metales

Metal	Fitorremediación con especies nativas
Ag	Fitoestabilización con <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753
Al	Fitoestabilización con <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753
As	Fitoestabilización con <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753
Ba	Fitoestabilización con <i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856
Cd	Fitoextracción con <i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856
Cr	Fitoestabilización con <i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964
Cu	Fitoestabilización con <i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856
Fe	Fitoestabilización con <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753
Mg	Fitoestabilización con <i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818
Mn	Fitoestabilización con <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753
Ni	Fitoestabilización con <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753
Pb	Fitoestabilización con <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753
Sb	Fitoestabilización con <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753
Sr	Fitoextracción con <i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856
Zn	Fitoestabilización con <i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818

Como se observa en la Tabla 23, el *Dactylis glomerata* L. 1753 fue la planta que mostró un mejor comportamiento en cuanto a la fitoestabilización de metales.

Se realizó una correlación entre la concentración de metales en ambos depósitos y las concentraciones acumuladas por las plantas estudiadas, asumiendo el cumplimiento de la normalidad, se obtuvo los siguientes resultados en la Tabla 24. Se observa que *Bouteloua media* (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964 tiene una mayor correlación con un 99% y *Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd. 1856 tiene la menor correlación con un 63%, todos los

valores demuestran que las concentraciones de metales están fuertemente correlacionadas (Ver Anexo 6).

Tabla 24
Correlación de Pearson

Espece	Coficiente de correlación Pearson (R)	% de correlación
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	0.99	99%
<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	0.97	97%
<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954	0.94	94%
<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818	0.78	78%
<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	0.81	81%
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	0.63	63%

4.6. VIGOR DE LAS PLANTAS

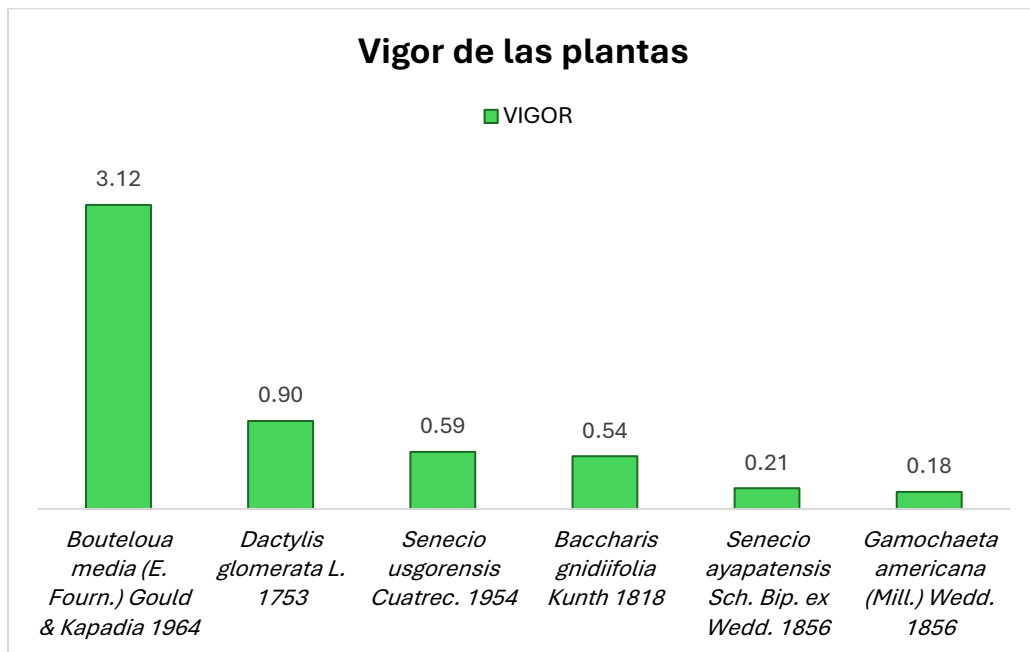
Se determinó la Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk en los datos de altura y peso de todas las plantas (Ver Anexo 6), resultando estar por encima del 0.05 del nivel de significancia, lo cual indica que los datos se distribuyen normalmente; es por ello que, para evaluar el vigor de las plantas se trabajó con los promedios multiplicando el peso (Kg) por la altura (m), tal como se observa en la Tabla 24.

Tabla 25
Determinación del vigor de las plantas

ESPECIE	ALTURA (m)	PESO (Kg)	VIGOR
<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964	1,70	1,83	3,12
<i>Dactylis glomerata</i> L. 1753	1,06	0,85	0,90
<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954	1,07	0,55	0,59
<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818	1,32	0,41	0,54
<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856	1,10	0,19	0,21
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856	1,17	0,15	0,18

Figura 42

Vigor de las plantas

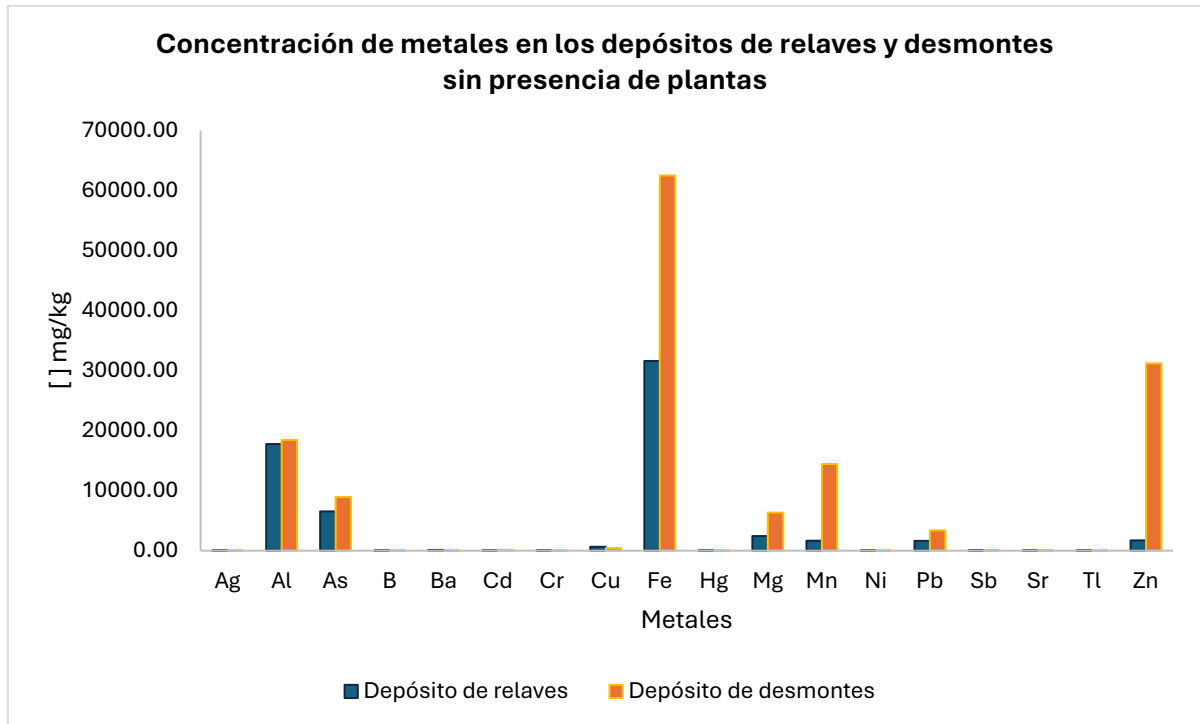


Según Alegre (2020), cuando las plantas están expuestas a altos contenidos de metales pesados, éstas pueden presentar problemas fisiológicos, tales como reducción del tamaño y vigor en su crecimiento (raíces y demás órganos). Como se observa en la Figura 29, la especie *Bouteloua media* (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964 fue la más vigorosa. Asimismo, las plantas del depósito de relaves fueron más vigorosas con respecto a las plantas del depósito de desmontes. Esto debido a que las concentraciones de metales a las que están expuestas las plantas del depósito de desmontes son mayores a las del depósito de relaves, tal como se observa en la Figura 43.

Este parámetro permitió determinar el comportamiento respecto al desarrollo de las plantas y la relación con la tolerancia de metales.

Figura 43

Concentración de metales en los depósitos de relaves y desmontes sin presencia de plantas



4.7. COBERTURA VEGETAL SEGÚN FOSBERG

Se evaluó visualmente y con la ayuda de programas de procesamiento geográfico. De acuerdo con Colma & Matteucci (1982), se determinó la cobertura vegetal mediante la escala de Fosberg (cerrado, abierto o disperso).

Como se observa en la Figura 46, la cobertura vegetal del depósito de relaves es del 72%, es por ello que se clasifica como **cobertura vegetal cerrada** ya que las copas o vástagos se tocan; asimismo, se observa en la Figura 44.

Figura 44

Cobertura vegetal del depósito de relaves de la UEA Huancapetí



Respecto a la cobertura vegetal del depósito de desmontes es del 32% tal como se observa en la Figura 47, es por ello que se clasifica como **cobertura vegetal abierta** ya que las copas o vástagos no se tocan, pero cubren por lo menos el 30% de la superficie; asimismo, se observa en la Figura 45.

Figura 45

Cobertura vegetal del depósito de desmontes de la UEA Huancapetí



Figura 46

Cobertura vegetal en el depósito de relaves

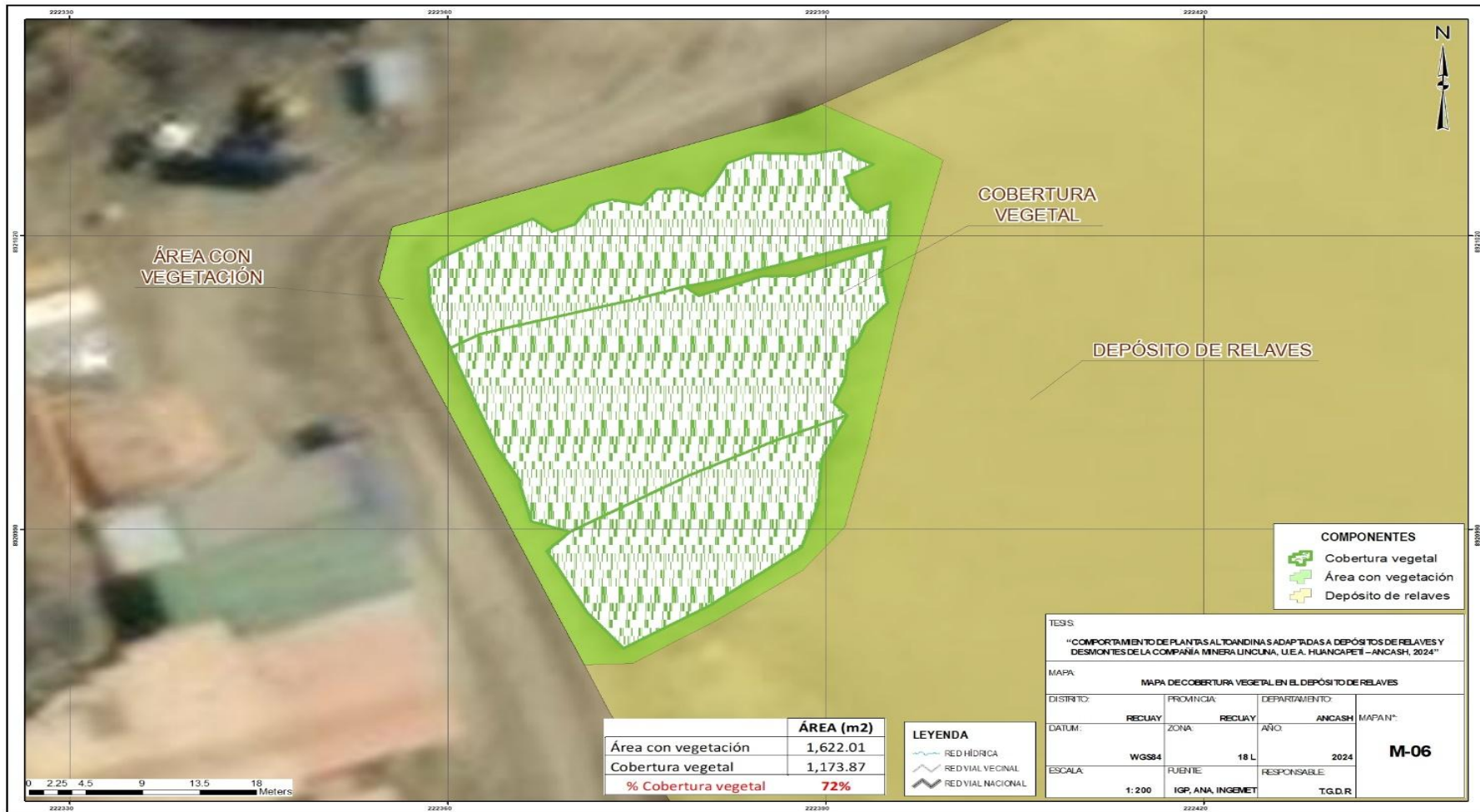
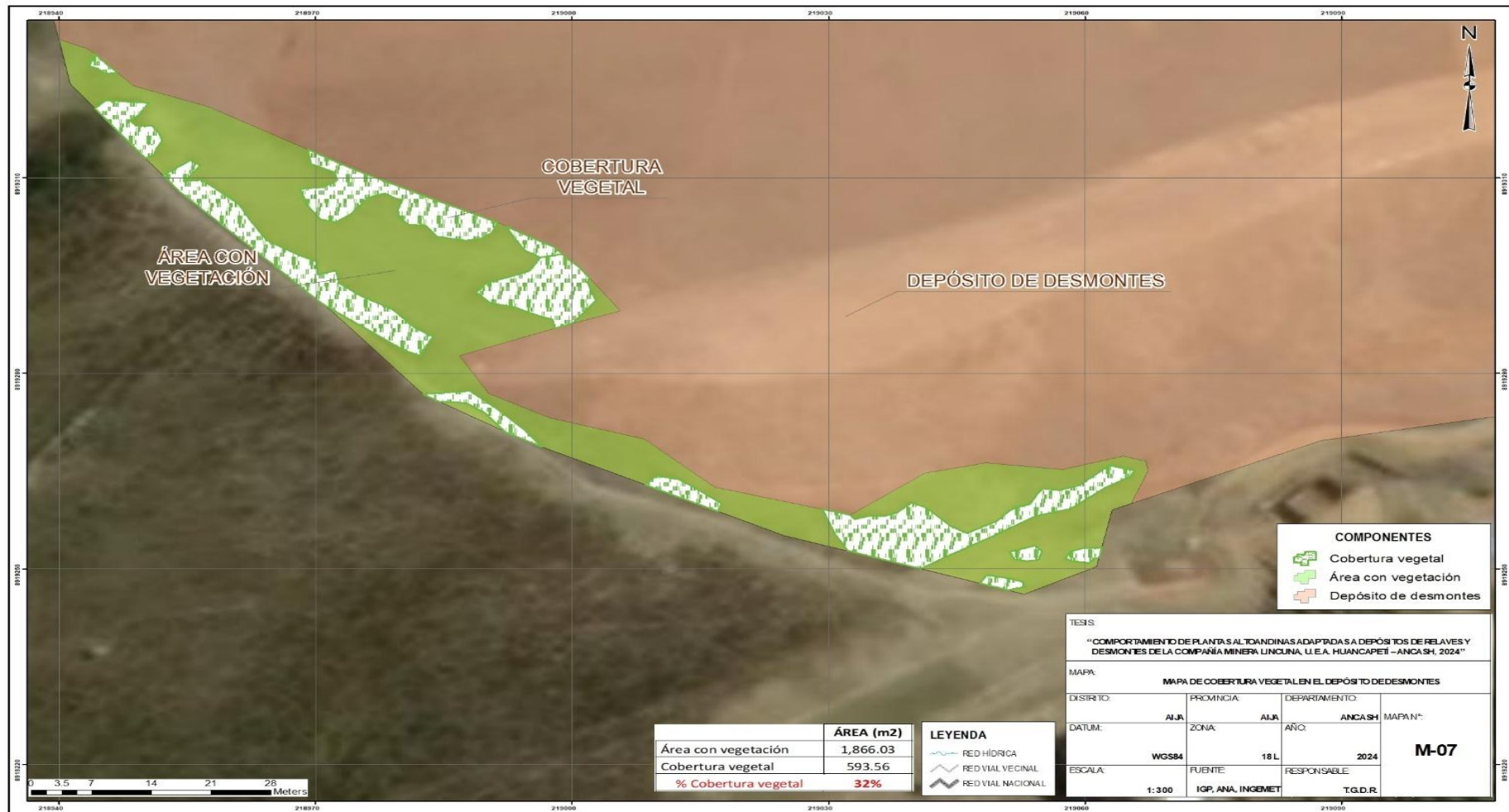


Figura 47

Cobertura vegetal en el depósito de desmontes



4.8. PROPUESTA DEL USO DE PLANTAS ALTOANDINAS SEGÚN EL COMPORTAMIENTO QUE POSEEN, PARA LA FITORREMEDIACIÓN DE DEPÓSITOS MINEROS DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA, U.E.A. HUANCAPETÍ - ANCASH, 2024

Los depósitos de relave y desmonte estudiados en esta investigación son componentes mineros que serán rehabilitados por el titular minero en el marco de la *Ley que regula el Cierre de Minas (Ley N°28090)*, y demás normas complementarias la cual establecen procedimientos de remediación para áreas mineras, incluidas las técnicas biológicas como la fitorremediación. De acuerdo con la *Guía para la elaboración de Planes de Cierre de Minas*, el cierre de estos componentes incluye actividades de estabilidad física, estabilidad geoquímica, manejo de aguas, establecimiento de la forma del terreno, revegetación y programas sociales (MINEM, 2006).

Por ello, esta propuesta se realizó solo en base a las actividades de revegetación del cierre con la utilización de especies altoandinas que pueden contribuir a cumplir con los objetivos el cual deben alinearse con el reglamento que exige una restauración ecológica efectiva, cumpliendo con las metas de estabilidad del terreno y la reducción de riesgos ambientales.

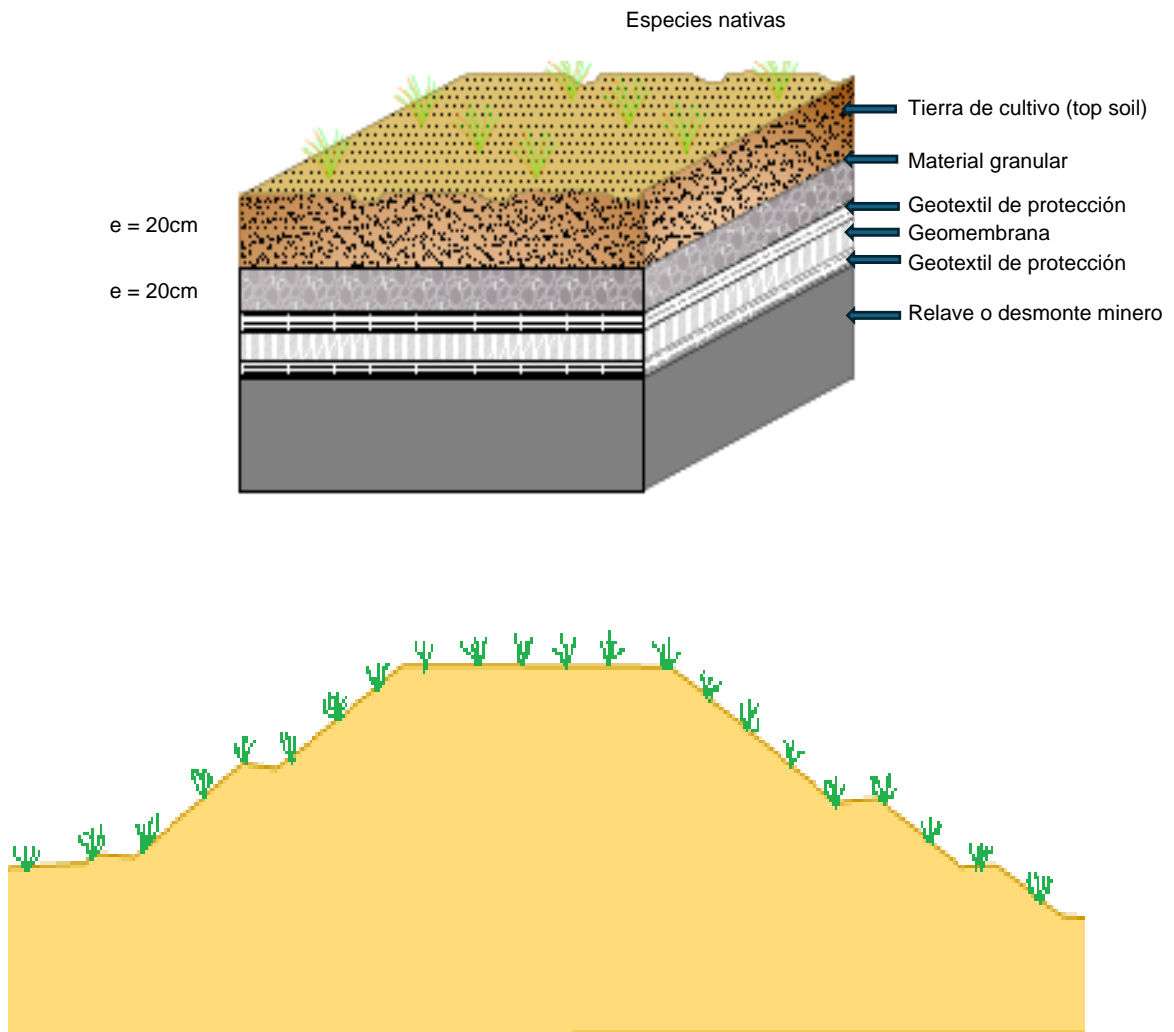
A continuación, se desarrolla la propuesta en un programa de revegetación con las especies estudiadas en esta investigación siguiendo la *Guía Ambiental para Vegetación de Áreas Disturbadas por la Industria Minero-Metalúrgica* (MINEM, 2023).

PROGRAMA DE REVEGETACIÓN

La estructura del terreno antes de la revegetación será de la siguiente manera:

Figura 48

Coberturas en la rehabilitación de ambos depósitos



A. Evaluación inicial y planificación

- Evaluación inicial del suelo: Se refiere a las características fisicoquímicas de los depósitos, en este caso se tiene identificado la concentración de metales pesados en ambos depósitos, siendo el hierro, aluminio, arsénico, manganeso, plomo y zinc los que tienen mayores concentraciones, pudiendo representar así un mayor riesgo ambiental en cuanto a las cantidades (mg/kg) que presentan.

- Evaluación de características del clima: La zona de estudio tiene un clima lluvioso con otoño e invierno secos, durante el año en promedio presenta, temperaturas máximas entre 9°C a 19°C y temperaturas mínimas de -3°C a 3°C. Además, los acumulados anuales de precipitación de pueden variar desde los 500 mm hasta los 1200 mm aproximadamente (SENAMHI, 2024).

B. Selección de especies

Las especies para la fitorremediación serán las plantas estudiadas en esta investigación ya que son las que predominan en la zona de estudio y como se ha demostrado, poseen la capacidad para tolerar las condiciones extremas de ambos depósitos y tienen la habilidad para interactuar con los contaminantes de manera efectiva según los análisis realizados.

Tabla 26

Especies para la fitorremediación de los depósitos de relaves y desmontes

Componente	Área a revegetar	Especies nativas	Comportamiento fitorremediador
Depósito de relaves	330,798.59 m ²	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964 - <i>Dactylis glomerata</i> L. 1753 - <i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954 	<ul style="list-style-type: none"> - Fitoestabilizador de Ag, Al, As, Ba, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn. - Fitoestabilizador de As, Ba, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn. - Fitoestabilizador de Ag, Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Pb, Sr y Zn.
Depósito de desmontes	43,386.36 m ²	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818 - <i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856 - <i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856 	<ul style="list-style-type: none"> - Fitoestabilizador de Al, As, Ba, Cu, Fe, Mg, Mn y Z, y fitoextractor de Cd y Sr. - Fitoestabilizador de Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn, y fitoextractor de Cd y Sr. - Fitoestabilizador de As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn y Zn, y fitoextractor de Cd y Sr.

Siendo la fitoestabilización la mejor estrategia para inmovilizar el hierro, aluminio, arsénico, manganeso, plomo y zinc se utilizará en mayor cantidad el *Dactylis glomerata* L. 1753.

- Método de propagación: Se construirá viveros para acelerar la propagación de las especies meses antes de la revegetación.
- Método de siembra: Las especies altoandinas estudiadas pueden ser sembradas mediante semillas, rizomas recolectados de las zonas aledañas o ser trasplantadas del vivero que se instalará.
- Preparación del área: Se deberá realizar la limpieza y preparación del área de los depósitos, eliminando escombros o materiales que puedan obstaculizar el crecimiento de las plantas.
- Distribución de plantas: Las plantas serán distribuidas de manera que maximicen la cobertura del terreno y la interacción con los metales pesados.

C. Procedimientos de revegetación

- **Distanciamientos:**

- El distanciamiento entre plantas será de 0.4m x 0.4m y 0.4m entre surcos. La cantidad de plantas requeridas para abastecer el proyecto será con relación a 05 matas/m².
- La segunda fase implicará el recalce: esta actividad se hará al mes y dos meses de la plantación, con el fin de reemplazar las especies muertas, con las mismas especies plantadas inicialmente con un distanciamiento de 0.4 x 0.4m.
- En el caso del *Dactylis glomerata* L. 1753, se usará la técnica al voleo para la siembra y se recomienda hacerlo con semillas en asociación con el trébol blanco (5 y 7 kg/ha) para un mejor desarrollo. De ser necesario, se realizará varias campañas de siembra.

- **Riego:**

Solo en los primeros meses si fuera necesario. Con el fin de asegurar el desarrollo y crecimiento de las plantas es recomendable regar mediante aspersión (cisterna) con una frecuencia de cada 4 días.

- **Enmienda orgánica:**

Si amerita, se aplicará alguna enmienda orgánica como el guano de corral a una razón de 8 Ton/Ha. Con el objetivo de mejorar más el sustrato y con ello lograr la sostenibilidad de crecimiento y producción de plantas, así como la invasión de diversas especies aledañas al área.

D. Monitoreo y Control:

Se supervisará el crecimiento de las plantas, controlando plagas y enfermedades, y ajustando las condiciones de crecimiento para asegurar que las plantas prosperen y puedan cumplir con su función de fitorremediación.

- Monitoreo de la salud de las plantas: Se evaluará la adaptación de las plantas al sitio, su tasa de crecimiento y cualquier síntoma de estrés causado por los metales totales.
- Monitoreo de metales pesados: Se analizará periódicamente el suelo para medir la reducción de los metales, la acumulación de estos en las plantas y su migración hacia el agua o aire.

E. Cosecha de biomasa y disposición final

Cuando las plantas fitoextractoras hayan acumulado metales pesados en sus tejidos, será necesario retirar la biomasa para evitar riesgos ambientales.

- Cosecha de plantas: Las plantas que hayan acumulado metales pesados deberán ser cosechadas y procesadas adecuadamente para evitar que los contaminantes se liberen al ambiente.
- Disposición final segura: La biomasa deberá ser dispuesta de acuerdo con el manejo de residuos peligrosos, lo que podría implicar su incineración o disposición en un sitio de almacenamiento adecuado.

F. Restauración final y monitoreo a largo plazo

Una vez completado el proceso de fitorremediación, será importante asegurarse de que el área esté completamente restaurada y deberá monitorearse la evolución a largo plazo.

- Restauración biológica: Tras la fitorremediación, continuará con la restauración de la biodiversidad local, introduciendo especies de flora y fauna que contribuyan a la recuperación del ecosistema.
- Monitoreo continuo: Durante los años siguientes, se deberá mantener un monitoreo ambiental para asegurar que el sitio no reciba nuevos contaminantes y que los efectos de la fitorremediación se mantengan.
- Certificación del Cierre de Mina: Finalmente, obtendrá la certificación del cumplimiento de las acciones de cierre, conforme a la normativa nacional de cierre de minas, lo que asegurará el éxito del proceso de fitorremediación.

G. Recomendaciones

- Colocar necesariamente una capa de cobertura de suelo agrícola para el sustento de las especies a sembrar.
- Para ayudar a una invasión de especies nativas de manera natural usar semillas de trébol blanco.
- Regar eventualmente (en época de estiaje) a las especies sembradas hasta que lleguen a un mínimo desarrollo (no mayor de 6 meses).
- Prohibir el uso para pastoreo y/o para cultivo en las áreas rehabilitadas.

H. Referencia bibliográfica

MINEM. (2023). *Guía Ambiental para Vegetación de Areas Disturbadas por la Industria Minero Metalúrgica*. <http://www.minem.gob.pe/>

Ley N° 28090. (14 de Octubre de 2003). Ley que regula el cierre de minas. Normas Legales, N° 18777, Diario Oficial El Peruano

MINEM. (2006). *Guía para la elaboración de planes de cierre de minas*.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Concentración de metales pesados en los depósitos de relaves y desmontes, plantas (raíz y parte aérea) y substratos

- ✓ Las mayores concentraciones de metales en los depósitos de relaves y desmontes se encontraron en el hierro, aluminio, arsénico, manganeso, plomo y zinc. Esto debido a que el hierro y aluminio tienen presencia generalizada sobre la corteza terrestre formando silicatos y representan el 8% y 5% respectivamente del total de minerales (Ñáñez D. , 2016); asimismo, las rocas ígneas y metamórficas que ocupan el 95% de la corteza terrestre presentan cantidades elevadas de Mn, Cr, Ni, Cu y Zn (Diez, 2008), es por ello que los residuos de las actividades mineras contienen gran cantidad de estos metales tal como se observaron en los resultados obtenidos de ambos depósitos. Así también en otras investigaciones realizadas en escenarios de depósitos mineros se encontró que las concentraciones de aluminio fueron significativas llegando hasta concentraciones mayores a 8000 mg/kg (Medina & Montano, 2014), hierro (20000mg/kg) (Ñáñez D. , 2016), aluminio y hierro (8354 mg/kg y 12300 mg/kg respectivamente) (Dávila & Walter, 2018), lo cual indica que las concentraciones de metales encontradas es característico en este tipo de escenarios.
- ✓ La concentración de metales en las muestras de los depósitos de relaves y desmontes sin plantas debieron ser mayores que la concentración de metales en los substratos de las plantas ya que simularían las condiciones iniciales del terreno sin ningún tratamiento para su recuperación. Esto se evidenció en las concentraciones del depósito de desmontes ya que superaron al de los substratos de las tres plantas, lo que podría indicar que las plantas estarían acumulando metales del área; sin embargo, en el depósito de relaves, las concentraciones de metales en el substrato de la planta *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954 fueron superiores a las del depósito sin presencia de plantas,

esto pudo ser debido a diferentes factores como el material de cobertura usado, su potencia y forma de colocación en toda el área, y las actividades de disposición de relaves las cuales varían de acuerdo con el concentrado que se procesa, el lugar y tiempo de disposición final.

- ✓ Las concentraciones de metales a las que estuvieron expuestas las plantas del depósito de desmontes fueron mayores a las del depósito de relaves, esto debido a que el área del depósito de relaves donde se tomaron las muestras cuenta con una cobertura de tierra y por el contrario el depósito de desmontes no cuenta cobertura alguna, estando en contacto directo con las plantas. Estas concentraciones de metales en las plantas varían con cada especie, y su absorción del suelo se produce de forma pasiva con el flujo de masa del agua en las raíces, o a través del transporte activo que cruza la membrana plasmática de las células epidérmicas de la raíz (Medina & Montano, 2014). La planta *Senecio ugorensis* Cuatrec.1954 fue la que acumuló todos los metales evaluados tanto en su raíz como en su parte aérea mostrando un mejor comportamiento que las demás, siendo la única planta en acumular plomo (18mg/kg).
- ✓ En las 6 plantas evaluadas las concentraciones más altas de metales pesados acumulados fueron el Al, As, Fe, Mg, Mn y Zn lo cual indica que son los más biodisponibles con respecto a Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb y Sr, en su raíz y parte aérea. Esto puede ser debido a diferentes mecanismos de adaptación que han desarrollado las plantas o factores del suelo como el pH, presencia de materia orgánica, microorganismos, capacidad de intercambio iónico (Durán, 2010). Se encontraron bajas concentraciones de plata y puede ser debido a que se procesa su concentrado y genera residuos mínimos de este metal, Respecto al plomo, concentraciones entre 30-300mg/kg en la parte aérea de la planta resulta ser fitotóxico, así también para el cadmio (5-700mg/kg) y cobre (20-100mg/kg) (Medina & Montano, 2014). En cuanto al hierro, magnesio, manganeso y zinc se reconocen como elementos esenciales para las plantas; al cromo como elemento benéfico y el aluminio y arsénico no tienen ninguna función biológica (Diez, 2008).

- ✓ En cuanto a la acumulación final de metales pesados en el sistema planta-substrato, estos se acumulan en mayor proporción en el sustrato (72%-80%). Estos porcentajes indican que hay una gran acumulación en la rizosfera (raíz-substrato, 74%-99%), **por ello las plantas muestran un comportamiento fitoestabilizador de estos metales**. Ello concuerda con lo mencionado por Alegre (2020) y Vizconde (2024) sobre la inmovilización de metales pesados en las plantas por medio de la absorción y la adsorción sobre la parte radicular, precipitación en la rizósfera y acumulación en las raíces. Asimismo, solo las plantas del depósito de desmonte mostraron mayor acumulación de cadmio (38%-44%) y estroncio (34%-43%) en la parte aérea, por lo cual indicarían un comportamiento fitoextractor de Cd y Sr, ello debido también a las bajas concentraciones de estos metales que se encontraron en el medio.

5.2. Factores de bioconcentración y traslocación de metales pesados de plantas altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes

- ✓ Los FBC y FT de metales pesados en la raíz y parte aérea de las plantas del depósito de relaves fueron menores a 1, con excepción del FT del Mg (1.14 en *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954), por ello que clasificaron como excluyentes, lo cual indica que tienen potencial para fitoestabilizar metales y de esta forma inmovilizarlos, reducir su biodisponibilidad y riesgo al ambiente (Diez, 2008). *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954 fue la planta que mejor se comportó respecto a la acumulación de metales, además, al tener un FT mayor a 1 de Mg, muestra que traslada eficazmente este metal a su parte aérea, ello puede ser debido a que el Mg es un elemento que sirve como nutriente a la planta pero que en cantidades excesivas puede llegar a ser tóxico (Diez, 2008).
- ✓ Por otro lado, los FBC y FT de metales pesados en la raíz y parte aérea de las plantas del depósito de desmontes fueron menores a 1, con excepción del Cd y Sr (solo en la parte aérea), por ello se clasificaron como excluyentes al igual que las plantas del depósito de relaves. Asimismo, se consideraron acumuladoras con potencial de fitoextraer Cd y Sr ya que los FT fueron

también mayores a 1, esto pudo ser debido a que las concentraciones de estos metales en la planta y substrato fueron menores a las demás. *Senecio ayapatensis* Sch. Bip. ex Wedd. 1856 fue la planta que acumuló más metales (Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr y Zn) en su parte aérea mostrando un traslado eficaz desde su raíz, ello indicaría que esta especie nativa ofrece mayor aptitud potencial para su utilización en la fitorremediación de metales en áreas disturbadas (Martínez et. al, 2021), especialmente en procesos de fitoextracción ya que dependen en gran medida la existencia de una translocación de cantidades sustanciales del metal asimilado por las raíces hacia las partes cosechables de las plantas (Vizconde, 2024).

- ✓ En cuanto a la evaluación de las medias de los FBC y FT con la Prueba ANOVA, solo se obtuvo estadísticamente diferencias significativas entre las plantas al acumular Al y Fe en la raíz, y Ba, Cu y Sr en la parte aérea, así también en el traslado del Sr de la raíz a la parte aérea de las plantas. Todo ello se debe a que las plantas crecidas en substrato metalífero, presentan una serie de adaptaciones fisiológicas y bioquímicas desarrolladas en varios grados, por lo cual los órganos de las plantas difieren en su capacidad para acumular metales y en su mayoría las raíces, tallos, hojas, frutos y semillas presentan diferentes niveles de concentración y acumulación de metales pesados; tal es así que cuando la fuente de metales es el suelo, en general los niveles decrecen en el orden: raíces > tallos > hojas > frutos > semillas (Medina & Montano, 2014), tal como pudimos corroborar en esta investigación.
- ✓ Respecto al comportamiento fitorremediador de metales pesados de las plantas evaluadas, el *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954 fue la planta que acumuló mayor cantidad de metales tanto en su raíz como en su parte aérea, pero *Dactylis glomerata* L. 1753 fue una de las plantas que mostró ser más eficaz para la fitoestabilización, siendo la segunda planta más vigorosa y la única en acumular níquel, siendo este elemento considerado como tóxico con importancia biológica moderada (Volke et. al, 2005). Esta gran capacidad del

Dactylis glomerata L. 1753 concuerda con lo concluido con Vizconde (2024) y Quispe & Quispe (2021).

- ✓ El comportamiento de estas plantas dependen de la absorción y disponibilidad de metales, y esta a su vez de otros factores muy importantes como el pH del suelo, ya que la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido; el intercambio catiónico del suelo, ya que cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo de fijar metales; la complejación por la materia orgánica del suelo, ya que es uno de los procesos que gobiernan la solubilidad y la bioasimilación de metales pesados; y el papel de los microorganismos del suelo es también muy importante en la estabilidad o degradación de los complejos organometálicos; en resumen, la forma en la cual se encuentre el metal retenido en el suelo, condicionará la disponibilidad relativa por las plantas (Durán, 2010).
- ✓ Las 6 plantas altoandinas estudiadas en este proyecto son fitoestabilizadoras ello concuerda con lo descrito por Medina & Montano (2014), Quispe & Quispe (2021), Alegre (2020) y Vizconde (2024) y (Medina & Montano, 2014). Las plantas presentan una serie de mecanismos que pueden estar participando en la tolerancia a metales mediante la formación de micorrizas, el secuestro del metal en la pared celular de la planta, así como la precipitación con exudados radicales, la reducción de la absorción del metal por la membrana plasmática y la quelación del metal en el citosol por fitoquelatinas, metalotioneínas, histidina y prolina en forma libre, y el secuestro del metal en vacuolas mediante transportadores específicos localizados en el tonoplasto (González & Zapata, 2008). Además, estas plantas estudiadas poseen la habilidad de sobrevivir a más de un metal en el medio de crecimiento por lo que cumple con los prerequisites para un sistema eficiente de fitorremediación descritos por Saxena et al. (1999), y por consiguiente podrían utilizarse para la fitorremediación de metales en áreas perturbadas por actividades mineras.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ✓ Los metales que presentaron las más altas concentraciones (mg/kg) en los depósitos de relaves y desmontes pudiendo representar un riesgo para el ambiente fueron el hierro, aluminio, arsénico, manganeso, plomo y zinc.
- ✓ Se identificó 6 plantas altoandinas [*Bouteloua media* (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964, *Dactylis glomerata* L. 1753, *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954, *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818, *Senecio ayapatensis* Sch. Bip. ex Wedd. 1856 y *Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd. 1856], las que acumularon los metales Al, As, Fe, Mg, Mn, Zn, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Sr y Pb principalmente en la parte radicular, con excepción de las plantas del depósito de desmonte las cuales mostraron mayor acumulación de cadmio y estroncio en la parte aérea.
- ✓ La acumulación final de metales pesados en el sistema planta-substrato fue en mayor proporción en la rizosfera (raíz-substrato, 74%-99%), por ello las plantas muestran un comportamiento fitoestabilizador de estos metales inmovilizándolos en el substrato.
- ✓ Los FBC de metales pesados en la raíz y parte aérea de las plantas fueron menores a 1, con excepción del Cd y Sr (solo en la parte aérea) en las plantas del depósito de desmontes; por ello se clasificaron como excluyentes, indicando así el potencial para fitoestabilizar metales (inmovilizarlos, reducir su biodisponibilidad y riesgo al ambiente).
- ✓ Los FT de metales pesados las plantas del depósito de relaves fueron menores a 1 con excepción del Mg en *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954, y en el depósito de desmontes los FT de Cd y Sr fueron mayores a 1 por lo que se consideraron acumuladoras con potencial de fitoextraer Cd y Sr, siendo *Senecio ayapatensis* Sch. Bip. ex Wedd. 1856 la mejor planta en trasladar eficazmente desde su raíz hacia su parte aérea Al, Ba, Cr, Cu, Fe,

Mg, Mn, y Zn mostrando de esta forma un potencial comportamiento en procesos de fitoextracción; sin embargo, al no ser acumuladora se la clasificó como fitoestabilizadora de estos metales.

- ✓ La concentración de metales presentes en ambos depósitos muestra una alta correlación con la concentración de metales acumuladas por las plantas.
- ✓ La fitoestabilización es la mejor estrategia para inmovilizar los metales (hierro, aluminio, arsénico, manganeso, plomo y zinc) presentes en los depósitos de relaves y desmontes las cuales por su cantidad pueden representar un riesgo para el ambiente.
- ✓ La especie *Dactylis glomerata* L. 1753 fue una de las plantas que mostró ser más eficaz para la fitoestabilización de metales, siendo la segunda planta más vigorosa y la única en acumular níquel, elemento considerado como tóxico para el medio biológico.
- ✓ Las plantas altoandinas estudiadas en este proyecto las cuales crecieron en los depósitos de relaves y desmontes de Compañía Minera Lincuna, cuentan con los mecanismos de tolerancia hacia los metales por lo que pueden utilizarse para la fitorremediación de áreas perturbadas por actividades mineras.
- ✓ Los resultados obtenidos nos permiten proponer a *Bouteloua media* (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964, *Dactylis glomerata* L. 1753, *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954, *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818, *Senecio ayapatensis* Sch. Bip. ex Wedd. 1856 y *Gamochoeta americana* (Mill.) Wedd. 1856, para la fitoestabilización de depósitos de relaves y desmontes de la Compañía Minera Lincuna, siendo una buena alternativa en el cierre final de estos componentes ya que contribuirán a cumplir con los objetivos de restauración ecológica efectiva y reducción de riesgos ambientales, además de ser esta investigación un sustento válido para el uso de estas plantas en la recuperación de suelos contaminados.

6.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Utilizar *Bouteloua media* (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964, *Dactylis glomerata* L. 1753, *Senecio usgorensis* Cuatrec. 1954, *Baccharis gnidiifolia* Kunth 1818, *Senecio ayapatensis* Sch. Bip. ex Wedd. 1856 y *Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd. 1856 para fitorremediar los depósitos de relaves y desmontes de la Compañía Minera Lincuna.
- ✓ Continuar con investigaciones sobre la capacidad de remoción de metales de cada planta nativa identificada, sobre su fenología y formas de propagación a nivel invernadero y parcelas de investigación. Así también sobre las interacciones entre las plantas y bacterias relacionadas a sus efectos en la absorción o inmovilización de metales pesados y su translocación a la parte aérea de la planta.
- ✓ Al utilizar las plantas altoandinas para fitoextraer metales, disponer adecuadamente la biomasa extraída en rellenos de seguridad debidamente autorizados.
- ✓ Realizar una caracterización completa de todas las propiedades fisicoquímicas y condiciones del área a remediar, así como definir bien los objetivos a alcanzar para una correcta elección de plantas nativas en su fitorremediación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, C. (2020). *Evaluación de un sistema piloto de fitorremediación para la inmovilización anaeróbica de metales totales de las aguas del río Shallap - Huaraz - 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5315>
- Aquino, P. (2017). *Impactos ambientales y sociales en minería y metalurgia*. https://www.dar.org.pe/archivos/eventos/230217_foropublico/impactos_socioamb.pdf
- Arana, M., Díaz, J., Patrucco, S., & Torres, J. (2016). *Historia ambiental del Perú. Siglos XVIII y XIX*. Lima: Ministerio del Ambiente. Viceministerio de Gestión Ambiental.
- Audet, P., & Charest, C. (2007). *Heavy metal phytoremediation from a meta-analytical perspective*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17045709>
- Baker, A., & Walker, P. (1990). *Eophysiology of metal uptake by tolerant plants*. http://books.google.es/books/about/Heavy_Metal_Tolerance_in_Plants.html?hl=es&id=kvsPo4Et5scC
- Bernal, M., Clemente, R., & Walker, D. (2005). Uptake of heavy metals and As by *Brassica juncea* grown in a contaminated soil in Aznalcóllar (Spain): the effect of soil amendments. En *Environmental Pollution*.
- Colma, A., & Matteucci, S. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Argentina.
- ComexPerú. (19 de Mayo de 2023). LA MINERÍA METÁLICA CRECIÓ UN 3.2% EN EL PRIMER TRIMESTRE DE 2023. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/la-mineria-metalica-crecio-un-32-en-el-primer-trimestre-de-2023#:~:text=Con%20este%20resultado%2C%20el%20primer,de%20Producci%C3%B3n%20Nacional%20del%20INEI>.

- Compañía Minera Lincuna. (2024). *Compañía Minera Lincuna S.A.*
<https://lincuna.com.pe/>
- Contreras, C. (2010). La minería en el Perú en la época colonial tardía, 1700-1824.
En *Compendio de historia económica del Perú, Tomo 3*. Lima: BCR, IEP.
- Cristaldi, A., Conti, G., Copat, C., Ferrante, M., Grasso, A., Jho, E., & Zuccarell, P.
(2017). Phytoremediation of contaminated soils by heavy metals and PAHs.
En *Environmental Technology and Innovation*.
- D.S. N°012-2017-MINAM. (02 de diciembre de 2017). Aprueban Criterios para la
Gestión de Sitios Contaminados. Normas Legales, N° 11593392-5, Diario
Oficial El Peruano
- Dávila, N., & Walter, L. (2018). *Capacidad fitorremediadora de las especies de flora
herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos
mineros El Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, Cajamarca
- Perú 2017*. Cajamarca.
- Diez, J. (2008). *Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados:
evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante
prácticas agronómicas*. Universidad Santiago de Compostela.
- Durán, P. (2010). *Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras:
Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana*. [Tesis
de doctorado, Universidad de Barcelona].
<https://www.tesisenred.net/handle/10803/970>
- Galán , E., & Romero , A. (2008). *Contaminación de Suelos por Metales Pesados*.
Sevilla.
- Geisseler, D., Lazicki , P., & Horwath, W. (2017). *Muestreo de Tejidos Vegetales*.
California.
http://geisseler.ucdavis.edu/Guidelines/Muestreo_de_tejidos_vegetales.pdf
- Ghosh, M., & Singh, S. (2005). phytoremediation of heavy metals and utilization of its
by-products. En *Applied Ecology and Environmental Research*.

- González D., & Zapata, O. (2008). *Mecanismos de tolerancia a elementos potencialmente tóxicos en plantas*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-21282008000100005
- Hernández, Z. (2012). *Métodos de análisis de datos*. Logroño: Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones.
- Hidalgo, P., Tauquino, R., & Espinoza, P. (2010). *Ensayo de adaptación de especies vegetales para la cobertura vegetal de los relaves mineros de la planta concentradora Santa Rosa de Jangas*. Revista Aporte Santiaguino.
- Huaranga, E. (2019). *Evaluación de contenidos metálicos en las especies altoandinas Calamagrostis rigida, Trisetum spicatum y Senecio rufescens en el entorno de la laguna de Yanamate, para determinar su potencial fitorremediador - Pasco - 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2158>
- Hurtado, V., & Sanborn, C. (2021). *La minería en el Perú: balance y perspectivas de cinco décadas de investigación*. Lima 15072, Perú: Universidad del Pacífico.
- Leon, V. (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*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1900>
- Ley N° 28271. (02 de julio de 2004). Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. Normas Legales, N° 12606, Diario Oficial El Peruano
- Ley N° 28090. (14 de Octubre de 2003). Ley que regula el cierre de minas. Normas Legales, N° 18777, Diario Oficial El Peruano
- López, M., & Morales, O. (2022). *Fitorremediación de suelos contminados por metales pesados: una revisión*. Managua: El Higo Revista de Ciencia y Tecnología.
- MINEM. (2023). *Guía Ambiental para Vegetación de Areas Disturbadas por la Industria Minero Metalúrgica*. <http://www.minem.gob.pe/>

- Martínez, L., Sarmiento, G., & Bocardo, E. (2021). *Especies vegetales nativas con potencial para la fitorremediación de suelos altoandinos contaminados por residuos de actividad minera*. <http://www.doi.org/10.51372/bioagro333.2>
- Medina, K., & Montano, Y. (2014). *Determinación del factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados en el Juncus arcticus Willd. y Cortaderia rudiusscula Stapf, de áreas contaminadas con el pasivo ambiental minero Alianza - Ancash 2013*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1775>
- Mendieta, C., & Taisigüe, K. (2014). *Acumulación y traslocación de metales, metaloides y no metales en plantas nativas de la zona minera de Chontales: Implicaciones para el potencial de fito-remediación*. Managua.
- MINAM. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- MINEM. (2006). *Guía para la elaboración de planes de cierre de minas*.
- Montoya, J. (30 de julio de 2023). *Actividades económicas*. <https://actividadeseconomicas.org/actividades-economicas-de-peru/>
- Ñáñez, D. (2016). *Estudio y selección de especies vegetales con potencial biorremediador en drenajes ácidos de roca y relaves minerales de la cuenca del río Santa (Áncash, Perú)*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/6445>
- Ortiz, I., Sanz, J., Dorado, M., & Villar, S. (2007). *Técnicas de recuperación de suelos contaminados*. Madrid.

- OSINFOR. (2013). *Protocolo para la herborización: colección y preservado de ejemplares botánicos en procesos de supervisión forestal*. <https://www.osinfor.gob.pe/publicaciones/protocolo-para-la-herborizacion-coleccion-y-preservado-de-ejemplares-botanicos-en-procesos-de-supervision-forestal/>
- Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. En *Annual Reviews*.
- Pinto, Y. (2020). *Marco Legal para la Gestión de Pasivos Ambientales Mineros y Cierre de Minas*.
- Prieto , J., González, C., Román, A., & Prieto , F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. En *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>
- Proactivo, R. (04 de Enero de 2023). <https://proactivo.com.pe/ancash-otorgan-conformidad-para-el-proyecto-de-recrecimiento-de-relavera-de-unidad-minera-huancapeti/>
- Quispe, A., & Quispe, L. (2021). *Fitorremediación con pastos asociados: Dactylis glomerata y medicago sativa para el mejoramiento de suelos contaminados con metales pesados en la zona exbanco minero – Ica, 2021*
- R.M. N°510-2023-MINEM/DM. (19 de Diciembre de 2023). Actualización de Pasivos Ambientales Mineros. Normas Legales, N° 2245052-1, Diario Oficial El Peruano.
- Ramírez, N. (2007). *Guía técnica de operación y control de depósitos de relaves*. Servicio Nacional de Geología y Minería Departamento de Seguridad Minera.
- Reddy, k., Admas, J., & Richardson, C. (1999). Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management. En *Potential technologies for remediation of Brownfield*.
- Saxena, P., KrishnaRaj, S., Perras, M., & Vettakkrumakankay, N. (1999). Phytoremediation of heavy metal contaminated and polluted soil. En *Heavy Metal Stress in plants from Molecules to Ecosystem*.

- SENAMHI. (20 de noviembre de 2024). *Mapa Climático del Perú*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Sepúlveda, B., Pavez, O., & Tapia, M. (2013). *Uso de Salicornia sp. en la fitorremediación de relaves*. Copiapó.
- SNMPE. (2008). *Informe quincenal de la Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía-SNMPE*.
<https://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones/reporte-estadistico-mineroenergetico.html>
- Tapia, M., & Flores, J. (1984). *Pastoreo y pastizales de los Andes del sur del Perú*. Lima: Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria, Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Ruminantes Menores.
- The Mining Association of Canada. (2019). *Guía para el Manejo de Depósitos de Relaves*. Canadá. <https://mining.ca/manejo-de-relaves/>
- Tumialán, P. (2003). *Compendio de yacimientos minerales del Perú*. Lima: INGEMMET.
- Vizconde, J. (2024). *Eficiencia de la fitorremediación con Dactylis glomerata y Pennisetum clandestinum del relave de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas – Huaraz*. Lima.
- Volke, T., Velasco, J., & De La Rosa, D. (2005). *Suelos contaminados por metales y metaloides*. D.F. México.
- Vyslouzilova, M., Tlustos, O., Szakova, J., & Pablico, D. (2003). *As, Cd, Pb and Zn uptake by different Salix spp. Grown at soils enriched by high loads of these elements*. <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/52849.pdf>
- Wenzel, W., Adriano, D., Salt, D., & Smith, R. (1999). *Phytoremediation: a plant-microbe-based remediation system*. En *Bioremediation of Contaminated Soils*. Madison.
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. (2006). *Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site*. <http://lqma.ifas.ufl.edu/publication/yoong-06.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. Ficha de Campo de Colecta de Plantas

FICHA DE CAMPO DE COLECTA DE PLANTAS

CÓDIGO DE CAMPO		COORDENADAS UTM WGS84			DESCRIPCIÓN	LUGAR	FECHA Y HORA
		ESTE	NORTE	ALTITUD			
ESP1	ESP1-1	222370	8921003	4541 _{m.s.n.m}	Muestra 01 de la Especie 1	Depósito de relaves	17/05/2024 - 09:14
	ESP1-2	222382	8920995	4542 _{m.s.n.m}	Muestra 02 de la Especie 1		17/05/2024 - 09:50
ESP2	ESP2-1	222386	8920986	4542 _{m.s.n.m}	Muestra 01 de la Especie 2		17/05/2024 - 10:15
	ESP2-2	222381	8920989	4540 _{m.s.n.m}	Muestra 02 de la Especie 2		17/05/2024 - 10:47
ESP3	ESP3-1	222386	8920992	4541 _{m.s.n.m}	Muestra 01 de la Especie 3		17/05/2024 - 11:03
	ESP3-2	222386	8920985	4541 _{m.s.n.m}	Muestra 02 de la Especie 3		17/05/2024 - 11:28
ESP4	ESP4-1	219059	8919253	4045 _{m.s.n.m}	Muestra 01 de la Especie 4		18/05/2024 - 08:40
	ESP4-2	218973	8919307	4032 _{m.s.n.m}	Muestra 02 de la Especie 4		18/05/2024 - 09:04
ESP5	ESP5-1	219040	8919252	4048 _{m.s.n.m}	Muestra 01 de la Especie 5		18/05/2024 - 09:18
	ESP5-2	218994	8919292	4070 _{m.s.n.m}	Muestra 02 de la Especie 5		18/05/2024 - 09:36
ESP6	ESP6-1	219045	8919254	4033 _{m.s.n.m}	Muestra 01 de la Especie 6		18/05/2024 - 09:53
	ESP6-2	219052	8919256	4050 _{m.s.n.m}	Muestra 02 de la Especie 6		18/05/2024 - 10:11

ANEXO 2. Identificación taxonómica y depósito en el herbario



Bouteloua media (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964

Dactylis glomerata L. 1753

Senecio usgorensis Cuatrec. 1954



Baccharis gnidiifolia Kunth 1818

Senecio ayapatensis Sch. Bip. ex Wedd. 1856

Gamochaeta americana (Mill.) Wedd. 1856

**“AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA
INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS
BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”**

EL DIRECTOR DEL HERBARIUM TRUXILLENSE (HUT) DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO,

Da constancia de la identificación de 06 especies vegetales y disposición en el
Herbario Truxillense de la Universidad Nacional de Trujillo, con dos especímenes
de cada especie:

N° MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
1	ESP1-1	POALES	POACEAE	BOUPELOUA	<i>Bouteloua media</i> (E. Fourn.) Gould & Kapadia 1964
2	ESP1-2				
3	ESP2-1	POALES	POACEAE	DACTYLIS	<i>Dactylis Glomerata</i> L. 1753
4	ESP2-2				
5	ESP3-1	ASTERALES	ASTERACEAE	SENECIO	<i>Senecio usgorensis</i> Cuatrec. 1954
6	ESP3-2				
7	ESP4-1	ASTERALES	ASTERACEAE	BACARIS	<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth 1818
8	ESP4-2				
9	ESP5-1	ASTERALES	ASTERACEAE	SENECIO	<i>Senecio ayapatensis</i> Sch. Bip. ex Wedd. 1856
10	ESP5-2				
11	ESP6-1	ASTERALES	ASTERACEAE	GAMOCHAETA	<i>Gamochoeta americana</i> (Mill.) Wedd. 1856
12	ESP6-2				


Muestras alcanzadas a este despacho por el Dr. **EDWIN JULIO PALOMINO CADENAS** en el mes de junio del presente año.

Se expide la presente constancia a solicitud de la parte interesada para los fines que hubiera lugar.

Trujillo, 22 de julio del 2024


Dr. José Mostacero León
Director del Herbario HUT

ANEXO 3. Cadenas de Custodia para Muestras Sólidas



CADENA DE CUSTODIA PARA EL MUESTREO SÓLIDAS

CERTIMIN S.A. VºBº FECHA
 09/06/22

Pág. **01, 03**

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE: COMPAÑIA MINERA LINCONA S.A.
 EMPRESA / UNIDAD: UCA HUANCAPETI
 UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO / PROVINCIA / DEPARTAMENTO): REQUAY / REQUAY / ANCASH
 REFERENCIA: MONITOREO DE TESOS VEGETAL
 CONTACTO: TATIANA DEPAZ REYES

RECEPCIÓN 2 : 7-7
 INSPECCIÓN : 09/06/22
 OBSERVACIÓN : [Firma]
 N° DE CADENA DE CUSTODIA: 1841.24/certimin
 N° SOLICITUD DE SERVICIOS AMBIENTALES: 357-24

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM) Zona: <u>18L</u> PUNTO DE MUESTREO (E, O, ALTUD.)	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (M)	ENSAYOS O PARÁMETROS SOLICITADOS			DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES
							ANÁLISIS QUÍMICO	ANÁLISIS FÍSICO	OTROS	
1	ESP1-1-A	5	09/06/22	09:00	N: 8720990 E: 0222377 Altud: 4543 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
2	ESP1-1-R	5	09/06/22	09:00	N: 8720990 E: 0222378 Altud: 4543 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
3	ESP1-2-A	5	09/06/22	09:50	N: 8721001 E: 0222374 Altud: 4544 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
4	ESP1-2-R	5	09/06/22	09:50	N: 8721001 E: 0222374 Altud: 4544 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
5	ESP1-3-A	5	09/06/22	09:00	N: 8721022 E: 0222372 Altud: 4540 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
6	ESP1-3-R	5	09/06/22	09:00	N: 8721022 E: 0222372 Altud: 4540 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
7	ESP2-1-A	5	09/06/22	09:30	N: 8720976 E: 0222370 Altud: 4541 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:

Observaciones al muestreo: _____

Observaciones en la Recepción de Muestras: _____

Responsable del Muestreo: TATIANA DEPAZ REYES
 Fiscalizador o Supervisor: TATIANA DEPAZ REYES
 Recibido por: EDGAR ANTONIO VELASQUEZ

Firma: [Firma]

Firma: [Firma]

Firma: [Firma]

Fecha: 09.06.2024

Fecha: 09.06.2024

Fecha: 2024-06-22


Hora: 17:00

Hora: 17:00

Hora: 12:00

Tipo (*): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Relaves 4: Desmontes 5: Otros: TESOS VEGETALES

Referencia: IC-MON-17: Protocolo para la toma de muestras de calidad para las muestras sólidas.



CADENA DE CUSTODIA PARA EL MUESTREO SÓLIDAS

CERTIMIN S.A. VºBº FECHA
 09/06/22

Pág. **02, 03**

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE: COMPAÑIA MINERA LINCONA S.A.
 EMPRESA / UNIDAD: UCA HUANCAPETI
 UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO / PROVINCIA / DEPARTAMENTO): REQUAY / REQUAY / ANCASH
 REFERENCIA: MONITOREO DE TESOS VEGETAL
 CONTACTO: TATIANA DEPAZ REYES

RECEPCIÓN 2 : 7-7
 INSPECCIÓN : 09/06/22
 OBSERVACIÓN : [Firma]
 N° DE CADENA DE CUSTODIA: 1841.24/certimin
 N° SOLICITUD DE SERVICIOS AMBIENTALES: 357-24

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM) Zona: <u>18L</u> PUNTO DE MUESTREO (E, O, ALTUD.)	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (M)	ENSAYOS O PARÁMETROS SOLICITADOS			DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES
							ANÁLISIS QUÍMICO	ANÁLISIS FÍSICO	OTROS	
8	ESP2-2-R	5	09/06/22	09:30	N: 8720976 E: 0222380 Altud: 4541 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
9	ESP2-2-A	5	09/06/22	10:00	N: 8720993 E: 0222376 Altud: 4541 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
10	ESP2-2-R	5	09/06/22	10:00	N: 8720993 E: 0222376 Altud: 4541 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
11	ESP2-3-A	5	09/06/22	10:30	N: 8721013 E: 0222360 Altud: 4541 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
12	ESP2-3-R	5	09/06/22	10:30	N: 8721013 E: 0222360 Altud: 4541 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
13	ESP3-1-A	5	09/06/22	11:00	N: 8720993 E: 0222382 Altud: 4541 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
14	ESP3-1-R	5	09/06/22	11:00	N: 8720993 E: 0222382 Altud: 4541 (m.s.n.m.)	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:

Observaciones al muestreo: _____

Observaciones en la Recepción de Muestras: _____

Responsable del Muestreo: TATIANA DEPAZ REYES
 Fiscalizador o Supervisor: TATIANA DEPAZ REYES
 Recibido por: EDGAR ANTONIO VELASQUEZ

Firma: [Firma]

Firma: [Firma]

Firma: [Firma]

Fecha: 09.06.2024

Fecha: 09.06.2024

Fecha: 2024-06-22

Hora: 17:00

Hora: 17:00

Hora: 12:00

Tipo (*): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Relaves 4: Desmontes 5: Otros: TESOS VEGETALES

Referencia: IC-MON-17: Protocolo para la toma de muestras de calidad para las muestras sólidas.





CADENA DE CUSTODIA PARA EL MUESTREO SÓLIDAS

CERTIMIN S.A. VºBº FECHA 07/06/22
 RECEPCIÓN 2 : TT
 INSPECCIÓN : TT N° DE ORDEN DE TRABAJO 1841-24/CERTIMIN
 OBSERVACIÓN : TT N° DE CADENA DE CUSTODIA 357-24
 N° SOLICITUD DE SERVICIOS AMBIENTALES

Pág. 03.03.

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE: COMPAÑIA MINERA LIMUSA S.A.
 EMPRESA / UNIDAD: UE A HUANCAPETI
 UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO / PROVINCIA / DEPARTAMENTO): RECUAY (RECUAY / ANCASH)
 REFERENCIA: MONITOREO DE TESIDOS VEGETAL
 CONTACTO: TATIANA DEPAR REYES

274-6887
JUN 13 2022
1841-24/CERTIMIN
357-24

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM) Zona: <u>18L</u> PUNTO SE: <u>WGS 84</u> M	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARÁMETROS SOLICITADOS			DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES	
							AGRIAS	FORMAS	AS TOPIA		
15	ESP3-2-A	5	06/06/22	11:30	N: <u>8721011</u> E: <u>0222323</u> Altud: <u>4541 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
16	ESP3-2-R	5	06/06/22	11:30	N: <u>8721011</u> E: <u>0222353</u> Altud: <u>4541 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
17	ESP3-3-A	5	06/06/22	12:00	N: <u>8721024</u> E: <u>0222322</u> Altud: <u>4541 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
18	ESP3-3-R	5	06/06/22	12:00	N: <u>8721024</u> E: <u>0222332</u> Altud: <u>4541 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
Observaciones al muestreo							Responsable del Muestreo:		Firma	Fecha	Hora
Observaciones en la Recepción de Muestras							Fiscalizador o Supervisor:		Firma	Fecha	Hora
Tipo (*): 1: Suelo 2: Sedimentos 3: Relave 4: Diamante 5: Otros: <u>TAJADO VEGETAL</u>							Recibido por:		Firma	Fecha	Hora

Referencia: IC-MON-17: Protocolo para la toma de muestras de calidad para las muestras sólidas.

Av. Las Vegas N° 845 San Juan de Miraflores - Lima, Lima - Perú, Teléf: 205-5656, Email: certimin@certimin.pe

FC-09-04-34 REV. 09 / 2020-12-29



CADENA DE CUSTODIA PARA EL MUESTREO SÓLIDAS

CERTIMIN S.A. VºBº FECHA 07/06/22
 RECEPCIÓN 2 : TT
 INSPECCIÓN : TT N° DE ORDEN DE TRABAJO 1842-24/CERTIMIN
 OBSERVACIÓN : TT N° DE CADENA DE CUSTODIA 357-24
 N° SOLICITUD DE SERVICIOS AMBIENTALES

Pág. 01.03.

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE: COMPAÑIA MINERA LIMUSA S.A.
 EMPRESA / UNIDAD: UE A HUANCAPETI
 UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO / PROVINCIA / DEPARTAMENTO): PISA / AJAJA / ANCASH
 REFERENCIA: MONITOREO DE TESIDO VEGETAL
 CONTACTO: TATIANA DEPAR REYES

274-6887
JUN 13 2022
1842-24/CERTIMIN
357-24

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM) Zona: <u>18L</u> PUNTO SE: <u>WGS 84</u> M	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARÁMETROS SOLICITADOS			DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES	
							AGRIAS	FORMAS	AS TOPIA		
1	ESP4-1-A	5	06/06/22	07:00	N: <u>8719252</u> E: <u>0219060</u> Altud: <u>4031 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
2	ESP4-1-R	5	06/06/22	08:00	N: <u>8719252</u> E: <u>0219060</u> Altud: <u>4031 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
3	ESP4-2-A	5	06/06/22	08:30	N: <u>8719261</u> E: <u>0219014</u> Altud: <u>4045 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
4	ESP4-2-R	5	06/06/22	09:30	N: <u>8719261</u> E: <u>0219014</u> Altud: <u>4045 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
5	ESP4-3-A	5	06/06/22	09:00	N: <u>8719306</u> E: <u>0218756</u> Altud: <u>4071 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
6	ESP4-3-R	5	06/06/22	09:00	N: <u>8719306</u> E: <u>0218756</u> Altud: <u>4071 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
7	ESP5-1-A	5	06/06/22	09:30	N: <u>8719296</u> E: <u>0219049</u> Altud: <u>4031 (m.s.n.m.)</u>	-	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:	
Observaciones al muestreo							Responsable del Muestreo:		Firma	Fecha	Hora
Observaciones en la Recepción de Muestras							Fiscalizador o Supervisor:		Firma	Fecha	Hora
Tipo (*): 1: Suelo 2: Sedimentos 3: Relave 4: Diamante 5: Otros: <u>TAJADO VEGETAL</u>							Recibido por:		Firma	Fecha	Hora

Referencia: IC-MON-17: Protocolo para la toma de muestras de calidad para las muestras sólidas.

Av. Las Vegas N° 845 San Juan de Miraflores - Lima, Lima - Perú, Teléf: 205-5656, Email: certimin@certimin.pe

FC-09-04-34 REV. 09 / 2020-12-29





CADENA DE CUSTODIA PARA EL MUESTREO SÓLIDAS

CERTIMIN S.A. V°B° FECHA 24/06/22
 RECEPCIÓN 2 : TT
 INSPECCIÓN : TT N° DE ORDEN DE TRABAJO
 OBSERVACIÓN : TT N° DE CADENA DE CUSTODIA
 N° SOLICITUD DE SERVICIOS AMBIENTALES

Pág. 02, 03

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE: COMPAÑIA MINERA LINCUNA SA.
 EMPRESA / UNIDAD: UEA HUANCAPETI
 UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO / PROVINCIA / DEPARTAMENTO): PUA / AJA / ANCASH.
 REFERENCIA: MONITOREO TEJIDO VEGETAL
 CONTACTO: TATIANA DEPAZ REYES

P24-6889
JUN 13 2024
1842-24/CERTIMIN
357-24

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (1)	FECHA	HORA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM) Zona: <u>18L</u> PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARÁMETROS SOLICITADOS			REFERENCIAL ESTRATIFICADO NO ESTRATIFICADO	PRESERVACIÓN	DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES
							TEJIDO	AGUJAS	AGUJAS			
8	ESP5-1-R	5	10/06/2024	09:30	N: 8719246 E: 0 219049 Altud: 4081 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
9	ESP5-2-A	5	10/06/2024	10:00	N: 8719277 E: 0 218797 Altud: 4060 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
10	ESP5-2-R	5	10/06/2024	10:00	N: 8719297 E: 0 218772 Altud: 4060 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
11	ESP5-3-A	5	10/06/2024	10:30	N: 8719314 E: 0 218967 Altud: 4072 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
12	ESP5-3-R	5	10/06/2024	10:30	N: 8719314 E: 0 218767 Altud: 4072 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
13	ESP6-1-A	5	10/06/2024	11:00	N: 8719256 E: 0 219050 Altud: 4041 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
14	ESP6-1-R	5	10/06/2024	11:00	N: 8719252 E: 0 219050 Altud: 4041 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:

Observaciones al muestreo

Responsible del Muestreo: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 10.06.2024 Hora: 17:00
 Fiscalizador o Supervisor: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 10.06.2024 Hora: 17:00
 Recibido por: EDEGAR MONS VELASCO Firma: [Firma] Fecha: 2024-06-22 Hora: 12:00

Observaciones en la Recepción de Muestras

Tipo (1): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Resque 4: Desmorra 5: Otros: TEJIDO VEGETAL

Referencia: IC-MON-17: Protocolo para la toma de muestras de calidad para las muestras sólidas.

Av. Las Vegas N° 845 San Juan de Miraflores - Lima, Lima - Perú, Teléf: 205-5656, Email: certimin@certimin.pe

FC-09-04-34 REV. 09 / 2020-12-29



CADENA DE CUSTODIA PARA EL MUESTREO SÓLIDAS

CERTIMIN S.A. V°B° FECHA 24/06/22
 RECEPCIÓN 2 : TT
 INSPECCIÓN : TT N° DE ORDEN DE TRABAJO
 OBSERVACIÓN : TT N° DE CADENA DE CUSTODIA
 N° SOLICITUD DE SERVICIOS AMBIENTALES

Pág. 03, 04

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE: COMPAÑIA MINERA LINCUNA SA.
 EMPRESA / UNIDAD: UEA HUANCAPETI
 UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO / PROVINCIA / DEPARTAMENTO): PUA / AJA / ANCASH.
 REFERENCIA: MONITOREO TEJIDO VEGETAL
 CONTACTO: TATIANA DEPAZ REYES

P24-6889
JUN 13 2024
1842-24/CERTIMIN
357-24

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (1)	FECHA	HORA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM) Zona: <u>18L</u> PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARÁMETROS SOLICITADOS			REFERENCIAL ESTRATIFICADO NO ESTRATIFICADO	PRESERVACIÓN	DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES
							TEJIDO	AGUJAS	AGUJAS			
15	ESP6-2-A	5	10/06/2024	11:30	N: 8719289 E: 0 218797 Altud: 4055 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
16	ESP6-2-R	5	10/06/2024	11:30	N: 8719287 E: 0 218797 Altud: 4055 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
17	ESP6-3-A	5	10/06/2024	12:00	N: 8719327 E: 0 218746 Altud: 4077 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
18	ESP6-3-R	5	10/06/2024	12:00	N: 8719322 E: 0 218746 Altud: 4077 (m.s.n.m.)	-	✓	✓				DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:

Observaciones al muestreo

Responsible del Muestreo: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 10.06.2024 Hora: 17:00
 Fiscalizador o Supervisor: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 10.06.2024 Hora: 17:00
 Recibido por: EDEGAR MONS VELASCO Firma: [Firma] Fecha: 2024-06-22 Hora: 12:00

Observaciones en la Recepción de Muestras

Tipo (1): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Resque 4: Desmorra 5: Otros: TEJIDO VEGETAL

Referencia: IC-MON-17: Protocolo para la toma de muestras de calidad para las muestras sólidas.

Av. Las Vegas N° 845 San Juan de Miraflores - Lima, Lima - Perú, Teléf: 205-5656, Email: certimin@certimin.pe

FC-09-04-34 REV. 09 / 2020-12-29





CADENA DE CUSTODIA PARA EL MUESTREO SOLIDAS

CERTIMIN S.A. VºBº FECHA 24/06/22
 RECEPCIÓN 2 : 1-1
 INSPECCIÓN : 24/06/22
 OBSERVACIONES : +
 N° DE CADENA DE CUSTODIA : +
 N° SOLICITUD DE SERVICIOS AMBIENTALES :

Pág. 1, 2
 P74-6990
 JUN/1363.224
 1843-24/CERTIMIN
 357-24

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL CLIENTE: CORPORACIÓN MINERA LINCUNA S.A.
 EMPRESA / UNIDAD: UEA HUANCABEST
 UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO / PROVINCIA / DEPARTAMENTO): REWAY / REWAY / ANCASH
 REFERENCIA: MONITOREO DE SUELO
 CONTACTO: TATIANA DEPAZ REYES

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (1)	FECHA	HORA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM) Zona: <u>18L</u> PSAD 54 WGS 84	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARÁMETROS SOLICITADOS			DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES
							HEAVES	TRIPALLES	HIGIENAL	
1	ESP1-S1	1	09/06/2024	8:15	N: <u>8920910</u> E: <u>0222378</u> Altud: <u>4543</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
2	ESP1-S2	1	09/06/2024	8:45	N: <u>8921001</u> E: <u>0222364</u> Altud: <u>4544</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
3	ESP1-S3	1	09/06/2024	9:15	N: <u>8921022</u> E: <u>0222372</u> Altud: <u>4540</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
4	ESP2-S1	1	09/06/2024	9:45	N: <u>8920986</u> E: <u>0222380</u> Altud: <u>4541</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
5	ESP2-S2	1	09/06/2024	10:15	N: <u>8920993</u> E: <u>0222376</u> Altud: <u>4541</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
6	ESP2-S3	1	09/06/2024	10:45	N: <u>8921013</u> E: <u>0222360</u> Altud: <u>4541</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
7	ESP3-S1	1	09/06/2024	11:15	N: <u>8920993</u> E: <u>0222382</u> Altud: <u>4541</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:

Observaciones al muestreo: _____
 Observaciones en la Recepción de Muestras: _____

Responsable del Muestreo: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 09.06.2024 Hora: 17:00
 Fiscalizador o Supervisor: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 09.06.2024 Hora: 17:00
 Recibido por: EDGARD MIND VELASQUEZ Firma: [Firma] Fecha: 2024-06-22 Hora: 12:00

Tipo (1): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Relave 4: Desmonte 5: Otros: _____
 Referencia: IC-MON-17; Protocolo para la toma de muestras de calidad para las muestras sólidas.

Av. Las Vegas N° 845 San Juan de Miraflores - Lima, Lima - Perú, Teléf: 205-5656, Email: certimin@certimin.pe

FC-09-04-34 REV. 09 / 2020-12-29



CADENA DE CUSTODIA PARA EL MUESTREO SOLIDAS

CERTIMIN S.A. VºBº FECHA 24/06/22
 RECEPCIÓN 2 : 1-1
 INSPECCIÓN : 24/06/22
 OBSERVACIONES : +
 N° DE CADENA DE CUSTODIA : +
 N° SOLICITUD DE SERVICIOS AMBIENTALES :

Pág. 2, 2
 P74-6990
 JUN/1363.224
 1843-24/CERTIMIN
 357-24

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL CLIENTE: CORPORACIÓN MINERA LINCUNA S.A.
 EMPRESA / UNIDAD: UEA HUANCABEST
 UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO / PROVINCIA / DEPARTAMENTO): REWAY / REWAY / ANCASH
 REFERENCIA: MONITOREO DE SUELO
 CONTACTO: TATIANA DEPAZ REYES

N°	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (1)	FECHA	HORA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM) Zona: <u>18L</u> PSAD 54 WGS 84	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARÁMETROS SOLICITADOS			DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES
							HEAVES	TRIPALLES	HIGIENAL	
8	ESP3-S2	1	09/06/2024	11:45	N: <u>8921023</u> E: <u>0222383</u> Altud: <u>4541</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
9	ESP3-S3	1	09/06/2024	12:15	N: <u>8921024</u> E: <u>0222378</u> Altud: <u>4541</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
10	DR1	1	09/06/2024	7:15	N: <u>8920987</u> E: <u>0222380</u> Altud: <u>4542</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
11	DR2	1	09/06/2024	7:30	N: <u>8920988</u> E: <u>0222370</u> Altud: <u>4541</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:
12	DR3	1	09/06/2024	7:45	N: <u>8921015</u> E: <u>0222367</u> Altud: <u>4541</u> (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCIÓN: OBSERVACIÓN:

Observaciones al muestreo: _____
 Observaciones en la Recepción de Muestras: _____

Responsable del Muestreo: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 09.06.2024 Hora: 17:00
 Fiscalizador o Supervisor: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 09.06.2024 Hora: 17:00
 Recibido por: EDGARD MIND VELASQUEZ Firma: [Firma] Fecha: 2024-06-22 Hora: 12:00

Tipo (1): 1: Suelos 2: Sedimentos 3: Relave 4: Desmonte 5: Otros: _____
 Referencia: IC-MON-17; Protocolo para la toma de muestras de calidad para las muestras sólidas.

Av. Las Vegas N° 845 San Juan de Miraflores - Lima, Lima - Perú, Teléf: 205-5656, Email: certimin@certimin.pe

FC-09-04-34 REV. 09 / 2020-12-29





CADENA DE CUSTODIA PARA EL MUESTREO SOLIDAS

CERTIMIN S.A. VºBº FECHA

RECEPCIÓN: 7-1
 INSPECCIÓN: 07/106122
 OBSERVACIÓN: [Firma]

Pág. 1, 2
 P24-6891
 JUV1364.024
 1844-24/CERTIMIN
 J57-24

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE: COMPAÑIA MINERA LUCANA S.A.
 EMPRESA / UNIDAD: UTA MUNICIPAL
 UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO / PROVINCIA / DEPARTAMENTO): AIZA / AIZA / ANCASH
 REFERENCIAL: MONITOREO DE SUELO
 CONTACTO: TATIANA DEPAZ REYES

Nº	IDENTIFICACION DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	UBICACION GEOGRAFICA (UTM) Zona: 18L YSAQ 01 W93 04 X	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARAMETROS SOLICITADOS			DESCRIPCION / OBSERVACIONES
							MEJORES TOMAS	MS TOTAL		
1	ESP4-S1	1	10.06.2024	8:15	N: 8919252 E: 0 219060 Altud: 4031 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
2	ESP4-S2	1	10.06.2024	8:45	N: 8919261 E: 0 219024 Altud: 4045 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
3	ESP4-S3	1	10.06.2024	9:15	N: 8919306 E: 0 218956 Altud: 4071 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
4	ESP5-S1	1	10.06.2024	9:45	N: 8919246 E: 0 219049 Altud: 4031 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
5	ESP5-S2	1	10.06.2024	10:15	N: 8919299 E: 0 218997 Altud: 4060 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
6	ESP5-S3	1	10.06.2024	10:45	N: 8919314 E: 0 218969 Altud: 4072 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
7	ESP6-S1	1	10.06.2024	11:15	N: 8919252 E: 0 219053 Altud: 4041 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:

Observaciones al muestreo: Responsable del Muestreo: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 10.06.2024 Hora: 17:00
 Observaciones en la Recepción de Muestras: Fiscalizador o Supervisor: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 10.06.2024 Hora: 17:00
 Recibido por: EDGAR MORA VELASQUEZ Firma: [Firma] Fecha: 2024-06-22 Hora: 12:00

Tipo (*): 1: Suelo 2: Sedimentos 3: Relave 4: Desmorde 5: Otros: _____
 Referencia: IC-MON-17: Protocolo para la toma de muestras de calidad para las muestras sólidas.
 Av. Las Vegas N° 845 San Juan de Miraflores - Lima, Lima - Perú, Teléf. 205-5656, Email: certimin@certimin.pe FC-09-04-34 REV. 09 / 2020-12-29



CADENA DE CUSTODIA PARA EL MUESTREO SOLIDAS

CERTIMIN S.A. VºBº FECHA

RECEPCIÓN: 7-1
 INSPECCIÓN: 07/106122
 OBSERVACIÓN: [Firma]

Pág. 1, 2
 P24-6891
 JUV1364.024
 1844-24/CERTIMIN
 J57-24

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE: COMPAÑIA MINERA LUCANA S.A.
 EMPRESA / UNIDAD: UTA MUNICIPAL
 UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO / PROVINCIA / DEPARTAMENTO): AIZA / AIZA / ANCASH
 REFERENCIAL: MONITOREO DE SUELO
 CONTACTO: TATIANA DEPAZ REYES

Nº	IDENTIFICACION DEL PUNTO DE MUESTREO	TIPO (*)	FECHA	HORA	UBICACION GEOGRAFICA (UTM) Zona: 18L YSAQ 01 W93 04 X	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (m)	ENSAYOS O PARAMETROS SOLICITADOS			DESCRIPCION / OBSERVACIONES
							MEJORES TOMAS	MS TOTAL		
1	ESP4-S1	1	10.06.2024	8:15	N: 8919252 E: 0 219060 Altud: 4031 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
2	ESP4-S2	1	10.06.2024	8:45	N: 8919261 E: 0 219024 Altud: 4045 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
3	ESP4-S3	1	10.06.2024	9:15	N: 8919306 E: 0 218956 Altud: 4071 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
4	ESP5-S1	1	10.06.2024	9:45	N: 8919246 E: 0 219049 Altud: 4031 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
5	ESP5-S2	1	10.06.2024	10:15	N: 8919299 E: 0 218997 Altud: 4060 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
6	ESP5-S3	1	10.06.2024	10:45	N: 8919314 E: 0 218969 Altud: 4072 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:
7	ESP6-S1	1	10.06.2024	11:15	N: 8919252 E: 0 219053 Altud: 4041 (m.s.n.m.)	0.3	✓	✓		DESCRIPCION: OBSERVACION:

Observaciones al muestreo: Responsable del Muestreo: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 10.06.2024 Hora: 17:00
 Observaciones en la Recepción de Muestras: Fiscalizador o Supervisor: TATIANA DEPAZ REYES Firma: [Firma] Fecha: 10.06.2024 Hora: 17:00
 Recibido por: EDGAR MORA VELASQUEZ Firma: [Firma] Fecha: 2024-06-22 Hora: 12:00

Tipo (*): 1: Suelo 2: Sedimentos 3: Relave 4: Desmorde 5: Otros: _____
 Referencia: IC-MON-17: Protocolo para la toma de muestras de calidad para las muestras sólidas.
 Av. Las Vegas N° 845 San Juan de Miraflores - Lima, Lima - Perú, Teléf. 205-5656, Email: certimin@certimin.pe FC-09-04-34 REV. 09 / 2020-12-29



ANEXO 4. Ficha de Campo de Muestreo

FICHA DE CAMPO DE MUESTREO

PLANTA		ALTURA (m)	PESO (Kg)	OBSERVACIONES
ESP1	ESP1-1	1.76	2.50	-
	ESP1-2	1.65	1.25	-
	ESP1-3	1.70	1.75	-
ESP2	ESP2-1	1.07	1.20	-
	ESP2-2	1.20	0.55	-
	ESP2-3	0.92	0.80	-
ESP3	ESP3-1	1.03	0.90	-
	ESP3-2	1.44	0.65	-
	ESP3-3	0.73	0.10	-
ESP4	ESP4-1	1.87	0.38	-
	ESP4-2	1.08	0.35	-
	ESP4-3	1.01	0.50	-
ESP5	ESP5-1	0.88	0.18	-
	ESP5-2	1.36	0.25	-
	ESP5-3	1.05	0.15	-
ESP6	ESP6-1	1.28	0.10	-
	ESP6-2	1.04	0.20	-
	ESP6-3	1.19	0.15	-

ANEXO 5. Informes de ensayo



Página 1 de 6

INFORME DE ENSAYO N° JUN1361.R24

SOLICITANTE :	COMPAÑIA MINERA LINCUNA S.A.
DOMICILIO LEGAL :	Av. República de Colombia No. 791, Of. 804 - Corpac, San Isidro, Lima
SOLICITADO POR :	Fiorela Esther Araujo Caceres
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	SSA N° 357-24 Cadena de Custodia N° 1841-24/CERTIMIN
REFERENCIA :	UEA Huancapeti Recuay / Recuay / Ancash Monitoreo de Tejido Vegetal
FECHA DE MUESTREO :	2024/06/09
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Tejido vegetal
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	18
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Bolsas Selladas
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestras en buenas condiciones para los análisis solicitados.
FECHA DE RECEPCIÓN :	sábado, 22 de Junio de 2024
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2024-06-22 al 2024-07-06
FECHA DE REPORTE :	sábado, 06 de Julio de 2024
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 6 de Julio de 2024

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce". Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



INFORME DE ENSAYO
N° JUN1361.R24

RESULTADOS

Muestras		Ensayos																			
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad	MOM0000 Fecha Muestreo	MOM0000 Tipo Muestra	MAL0000 Nro WGS-84	MAL0000 Est WGS-84	MAL0000 Altitud msnm	MA0816 Ag(%) mg/kg 0.2	MA0816 Al(%) mg/kg 100	MA0816 As(%) mg/kg 3	MA0816 B(%) mg/kg 0.03	MA0816 Ba(%) mg/kg 1	MA0816 Be(%) mg/kg 0.5	MA0816 Bi(%) mg/kg 5	MA0816 Ca(%) mg/kg 100	MA0816 Cd(%) mg/kg 1	MA0816 Co(%) mg/kg 1	MA0816 Cr(%) mg/kg 1	MA0816 Cu(%) mg/kg 0.5	MA0816 Fe(%) mg/kg 100	MA0816 Mg(%) mg/kg 1	
Limite de Detección LD																					
1	ESP1-1-A	2024-06-09 08:00	Tejido vegetal	8920990	222378	4543	0.5	145	85	8.36	2	<0.5	<5	647	<1	<1	1	8.8	458	<1	
2	ESP1-1-R	2024-06-09 08:00	Tejido vegetal	8920990	222378	4543	2.4	2655	943	8.35	21	1.0	<5	1366	6	<1	5	157.0	4703	<1	
3	ESP1-2-A	2024-06-09 08:30	Tejido vegetal	8921001	222384	4544	0.6	117	106	10.80	2	<0.5	<5	784	<1	<1	1	7.0	470	<1	
4	ESP1-2-R	2024-06-09 08:30	Tejido vegetal	8921001	222384	4544	1.2	1639	824	10.23	10	<0.5	<5	1351	4	<1	2	124.3	3705	<1	
5	ESP1-3-A	2024-06-09 09:00	Tejido vegetal	8921022	222372	4540	1.4	221	236	10.62	2	<0.5	<5	661	2	<1	3	16.5	1059	<1	
6	ESP1-3-R	2024-06-09 09:00	Tejido vegetal	8921022	222372	4540	0.8	772	270	8.56	6	<0.5	<5	612	2	<1	2	60.1	1748	<1	
7	ESP2-1-A	2024-06-09 09:30	Tejido vegetal	8920986	222380	4541	1.7	181	459	9.22	4	<0.5	<5	2982	2	<1	1	12.5	1473	<1	
8	ESP2-1-R	2024-06-09 09:30	Tejido vegetal	8920986	222380	4541	2.2	2082	577	9.05	17	<0.5	<5	2667	9	<1	2	77.5	3308	<1	
9	ESP2-2-A	2024-06-09 10:00	Tejido vegetal	8920993	222376	4541	<0.2	<100	71	10.83	2	<0.5	<5	2276	<1	<1	<1	6.6	299	<1	
10	ESP2-2-R	2024-06-09 10:00	Tejido vegetal	8920993	222376	4541	3.1	1768	965	16.12	15	<0.5	<5	6036	11	<1	2	159.1	3878	<1	
11	ESP2-3-A	2024-06-09 10:30	Tejido vegetal	8921013	222360	4541	1.8	214	246	9.60	2	<0.5	<5	2358	3	<1	2	20.5	1002	<1	
12	ESP2-3-R	2024-06-09 10:30	Tejido vegetal	8921013	222360	4541	3.2	2116	753	11.55	14	<0.5	<5	2339	6	<1	2	209.4	3047	<1	
13	ESP3-1-A	2024-06-09 11:00	Tejido vegetal	8920993	222382	4541	0.9	281	564	17.42	3	<0.5	<5	4352	2	<1	1	22.2	1804	<1	
14	ESP3-1-R	2024-06-09 11:00	Tejido vegetal	8920993	222382	4541	2.8	2279	1057	14.76	19	<0.5	<5	4373	6	<1	2	130.2	4148	<1	
15	ESP3-2-A	2024-06-09 11:30	Tejido vegetal	8921011	222383	4541	1.6	325	604	19.36	4	<0.5	<5	3985	5	<1	2	23.0	2011	<1	
16	ESP3-2-R	2024-06-09 11:30	Tejido vegetal	8921011	222383	4541	1.1	1166	468	11.99	14	<0.5	<5	2592	5	<1	3	85.8	2099	<1	
17	ESP3-3-A	2024-06-09 12:00	Tejido vegetal	8921024	222378	4541	3.1	451	1158	16.90	4	<0.5	<5	3357	9	<1	2	40.2	3588	<1	
18	ESP3-3-R	2024-06-09 12:00	Tejido vegetal	8921024	222378	4541	4.6	1953	1362	11.95	17	<0.5	<5	3871	10	<1	2	139.4	4820	<1	

Las Coordenadas, Altitud: Son datos proporcionados por el cliente.
LD: Limite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Limite de Cuantificación del Método LCM.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas.



INFORME DE ENSAYO
N° JUN1361.R24

Muestras		Ensayos															
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad	MA0816 K(%) mg/kg 100	MA0816 Mg(%) mg/kg 100	MA0816 Na(%) mg/kg 2	MA0816 Mo(%) mg/kg 1	MA0816 Ni(%) mg/kg 100	MA0816 P(%) mg/kg 100	MA0816 Sb(%) mg/kg 2	MA0816 Si(%) mg/kg 10	MA0816 Sn(%) mg/kg 0.5	MA0816 Sr(%) mg/kg 5	MA0816 Tl(%) mg/kg 2	MA0816 Tl(%) mg/kg 100	MA0816 V(%) mg/kg 2	MA0816 Zn(%) mg/kg 0.5		
Limite de Detección LD																	
1	ESP1-1-A	4728	213	189	<1	<100	<1	938	<2	571	<10	2.1	<5	<2	<100	<2	139.9
2	ESP1-1-R	1173	301	1060	4	113	4	1110	7	1632	<10	11.2	12	<2	<100	<2	514.8
3	ESP1-2-A	3557	167	140	1	<100	1	964	<2	1179	<10	3.5	<5	<2	<100	<2	121.8
4	ESP1-2-R	2420	323	202	3	<100	2	1089	3	1882	<10	9.4	11	<2	<100	<2	312.6
5	ESP1-3-A	3517	168	211	<1	<100	<1	956	5	1179	<10	2.5	<5	<2	<100	<2	281.5
6	ESP1-3-R	2015	150	121	<1	102	<1	790	2	908	<10	4.4	7	<2	<100	<2	127.7
7	ESP2-1-A	6848	450	231	<1	107	<1	1390	3	2282	<10	13.2	<5	<2	<100	<2	375.0
8	ESP2-1-R	2799	492	732	2	<100	2	1780	8	2230	<10	16.5	8	<2	<100	2	1078.8
9	ESP2-2-A	10054	206	52	<1	<100	2	1062	<2	917	<10	7.0	<5	<2	<100	<2	55.7
10	ESP2-2-R	2104	410	733	5	124	1	1069	11	3279	<10	24.8	16	<2	<100	<2	760.8
11	ESP2-3-A	4629	276	196	<1	<100	<1	961	6	2096	<10	6.6	8	<2	<100	<2	485.3
12	ESP2-3-R	969	234	630	4	142	2	1351	19	2158	<10	11.2	16	<2	<100	<2	684.5
13	ESP3-1-A	12543	402	232	<1	<100	<1	1882	3	2354	<10	13.5	<5	<2	<100	<2	324.9
14	ESP3-1-R	7117	490	639	4	<100	2	1856	9	3390	<10	22.8	12	<2	<100	<2	1016.3
15	ESP3-2-A	9879	458	378	<1	<100	3	1661	5	3027	<10	14.9	6	<2	<100	<2	427.0
16	ESP3-2-R	5216	288	619	3	121	<1	1090	10	2363	<10	11.8	9	<2	<100	<2	655.3
17	ESP3-3-A	8793	418	597	<1	<100	2	1324	10	3810	<10	13.2	13	<2	<100	<2	1173.5
18	ESP3-3-R	3885	426	823	3	130	2	1333	18	3581	<10	18.7	17	<2	<100	<2	1517.6

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas.





INFORME DE ENSAYO
N° JUN1361.R24

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos																				
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección ID	MA0816 Ag (t) mg/kg 0.2	MA0816 Al (t) mg/kg 100	MA0816 As (t) mg/kg 3	MA0816 B (t) mg/kg 0.03	MA0816 Ba (t) mg/kg 1	MA0816 Be (t) mg/kg 0.5	MA0816 Bi (t) mg/kg 5	MA0816 Ca (t) mg/kg 100	MA0816 Cd (t) mg/kg 1	MA0816 Co (t) mg/kg 1	MA0816 Cr (t) mg/kg 1	MA0816 Cu (t) mg/kg 0.5	MA0816 Fe (t) mg/kg 100	MA0816 Hg (t) mg/kg 1	MA0816 K (t) mg/kg 100	MA0816 Mg (t) mg/kg 100	MA0816 Mn (t) mg/kg 2	MA0816 Mo (t) mg/kg 1	MA0816 Na (t) mg/kg 100	MA0816 Ni (t) mg/kg 1	MA0816 P (t) mg/kg 100
1	ESP1-1-A (Original)	0.5	145	85	8.36	2	<0.5	<5	647	<1	<1	1	8.8	458	<1	4728	213	189	<1	<100	<1	938
2	ESP1-1-A (Dup)	0.5	149	92	8.67	2	<0.5	<5	671	<1	<1	1	9.2	475	<1	4906	223	196	<1	<100	<1	971
3	Blanco	<0.2	<100	<3	<0.03	<1	<0.5	<5	<100	<1	<1	<1	<0.5	<100	<1	<100	<100	<2	<1	<100	<1	<100

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas.



INFORME DE ENSAYO
N° JUN1361.R24

Muestras QC		Ensayos								
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección ID	MA0816 Fb (t) mg/kg 2	MA0816 S (t) mg/kg 1	MA0816 Sn (t) mg/kg 10	MA0816 Sr (t) mg/kg 0.5	MA0816 Sb (t) mg/kg 5	MA0816 Tl (t) mg/kg 2	MA0816 Tl (t) mg/kg 100	MA0816 V (t) mg/kg 2	MA0816 Zn (t) mg/kg 0.5
1	ESP1-1-A (Original)	<2	571	<10	2.1	<5	<2	<100	<2	139.9
2	ESP1-1-A (Dup)	2	593	<10	2.2	<5	<2	<100	<2	144.2
3	Blanco	<2	<1	<10	<0.5	<5	<2	<100	<2	<0.5

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas.





INFORME DE ENSAYO
N° JUN1361.R24

METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
Ensayo	Denominación	Cod. Serv	(1) Norma o Referencia	
1	Coordenadas Geográficas	Coordenadas Geográficas	MA1000	--
2	Metales Totales	Metales Totales	MA0816	ADC Official Method 985.01 Metals and Other Elements in Plants and Pet Foods. Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopic Method.

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
 APHA: American Public Health Association.
 AWWA: American Water Works Association.
 WEF: Water Environment Federation.
 EPA: Environmental Protection Agency.
 ASTM: American Society for Testing and Materials.
 ISO: International Organization for Standardization.
 NTP: Norma Técnica Peruana.
 NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas.





INFORME DE ENSAYO N° JUN1362.R24

SOLICITANTE :	COMPAÑIA MINERA LINCUNA S.A.
DOMICILIO LEGAL :	Av. República de Colombia No. 791, Of. 804 - Corpac, San Isidro, Lima
SOLICITADO POR :	Fiorela Esther Araujo Caceres
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	SSA N° 357-24 Cadena de Custodia N° 1842-24/CERTIMIN
REFERENCIA :	UEA Huancapeti Aija / Aija / Ancash Monitoreo de Tejido Vegetal
FECHA DE MUESTREO :	2024/06/10
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Tejido vegetal
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	18
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Bolsas Selladas
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestras en buenas condiciones para los análisis solicitados.
FECHA DE RECEPCIÓN :	sábado, 22 de Junio de 2024
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2024-06-22 al 2024-07-04
FECHA DE REPORTE :	jueves, 04 de Julio de 2024
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 4 de Julio de 2024

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.



INFORME DE ENSAYO
N° JUN1362.R24

RESULTADOS

Muestras		Ensayos																			
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad	MOM0000 Fecha Muestreo	MOM0000 Tipo Muestra	MA1000 Ner WGS-84	MA1000 Est WGS-84	MA1000 Altitud msnm	MA0816 Ag (t) mg/kg 0.2	MA0816 Al (t) mg/kg 100	MA0816 As (t) mg/kg 3	MA0816 B (t) mg/kg 0.03	MA0816 Ba (t) mg/kg 1	MA0816 Be (t) mg/kg 0.5	MA0816 Bi (t) mg/kg 5	MA0816 Ca (t) mg/kg 100	MA0816 Cd (t) mg/kg 1	MA0816 Co (t) mg/kg 1	MA0816 Cr (t) mg/kg 1	MA0816 Cu (t) mg/kg 0.5	MA0816 Fe (t) mg/kg 100	MA0816 Mg (t) mg/kg 1	
Limite de Detección LD																					
1	ESP4-1-A	2024-06-10 08:00	Tejido vegetal	8919252	219060	4031	0.3	1052	46	25.56	4	<0.5	<5	5849	6	<1	11	9.8	1829	<1	
2	ESP4-1-R	2024-06-10 08:00	Tejido vegetal	8919252	219060	4031	0.3	2544	75	11.06	7	<0.5	<5	2496	4	<1	4	13.5	3360	<1	
3	ESP4-2-A	2024-06-10 08:30	Tejido vegetal	8919261	219014	4045	<0.2	117	28	22.27	2	<0.5	<5	6893	5	<1	<1	11.5	252	<1	
4	ESP4-2-R	2024-06-10 08:30	Tejido vegetal	8919261	219014	4045	0.3	1190	66	14.00	7	<0.5	<5	2258	3	<1	3	10.7	1270	<1	
5	ESP4-3-A	2024-06-10 09:00	Tejido vegetal	8919306	218956	4071	0.3	216	96	28.14	2	<0.5	<5	5441	9	<1	8	13.4	760	<1	
6	ESP4-3-R	2024-06-10 09:00	Tejido vegetal	8919306	218956	4071	2.3	1079	477	15.01	5	<0.5	<5	4259	12	<1	4	28.0	3293	<1	
7	ESP5-1-A	2024-06-10 09:30	Tejido vegetal	8919246	219049	4034	0.5	1702	174	10.19	8	<0.5	<5	4320	8	<1	5	16.2	3046	<1	
8	ESP5-1-R	2024-06-10 09:30	Tejido vegetal	8919246	219049	4034	<0.2	194	<3	6.00	3	<0.5	<5	1010	3	<1	1	5.9	215	<1	
9	ESP5-2-A	2024-06-10 10:00	Tejido vegetal	8919299	218997	4060	0.3	576	101	12.58	5	<0.5	<5	3408	9	<1	2	11.6	953	<1	
10	ESP5-2-R	2024-06-10 10:00	Tejido vegetal	8919299	218997	4060	<0.2	861	40	5.91	7	<0.5	<5	1730	6	<1	3	11.6	961	<1	
11	ESP5-3-A	2024-06-10 10:30	Tejido vegetal	8919314	218969	4072	0.5	608	73	10.62	16	<0.5	<5	4259	3	<1	2	9.8	1116	<1	
12	ESP5-3-R	2024-06-10 10:30	Tejido vegetal	8919314	218969	4072	1.6	1723	183	13.86	22	<0.5	<5	3625	7	<1	3	24.7	2685	<1	
13	ESP6-1-A	2024-06-10 11:00	Tejido vegetal	8919252	219050	4041	<0.2	147	17	12.79	2	<0.5	<5	4305	8	<1	2	5.1	271	<1	
14	ESP6-1-R	2024-06-10 11:00	Tejido vegetal	8919252	219050	4041	<0.2	501	21	5.81	4	<0.5	<5	1512	4	<1	1	7.8	496	<1	
15	ESP6-2-A	2024-06-10 11:30	Tejido vegetal	8919289	218997	4055	<0.2	144	31	18.52	2	<0.5	<5	7945	9	<1	1	7.3	322	<1	
16	ESP6-2-R	2024-06-10 11:30	Tejido vegetal	8919289	218997	4055	<0.2	283	59	7.35	2	<0.5	<5	1815	5	<1	<1	7.7	603	<1	
17	ESP6-3-A	2024-06-10 12:00	Tejido vegetal	8919327	218946	4079	<0.2	<100	8	19.71	3	<0.5	<5	5448	6	<1	7	8.8	287	<1	
18	ESP6-3-R	2024-06-10 12:00	Tejido vegetal	8919327	218946	4079	<0.2	389	23	9.12	7	<0.5	<5	2972	3	<1	3	15.2	983	<1	

Las Coordenadas, Altitud: Son datos proporcionados por el cliente.
LD: Limite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Limite de Cuantificación del Método LCM.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas.



INFORME DE ENSAYO
N° JUN1362.R24

Muestras		Ensayos															
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad	MA0816 K (t) mg/kg 100	MA0816 Mg (t) mg/kg 100	MA0816 Na (t) mg/kg 2	MA0816 Mo (t) mg/kg 1	MA0816 Ni (t) mg/kg 100	MA0816 P (t) mg/kg 1	MA0816 Pb (t) mg/kg 100	MA0816 S (t) mg/kg 1	MA0816 Se (t) mg/kg 10	MA0816 Si (t) mg/kg 0.5	MA0816 Sn (t) mg/kg 5	MA0816 Sr (t) mg/kg 2	MA0816 Tl (t) mg/kg 100	MA0816 Ti (t) mg/kg 2	MA0816 V (t) mg/kg 0.5	MA0816 Zn (t) mg/kg 0.5
Limite de Detección LD																	
1	ESP4-1-A	6496	1143	124	<1	<100	5	1414	<2	1272	<10	37.9	<5	<2	<100	<2	297.7
2	ESP4-1-R	5608	1442	188	<1	129	<1	891	<2	630	<10	31.2	<5	<2	<100	4	222.8
3	ESP4-2-A	9976	1169	64	<1	<100	<1	1555	<2	2260	<10	51.0	<5	<2	<100	<2	251.1
4	ESP4-2-R	4909	1197	104	<1	183	2	1048	<2	963	<10	25.7	<5	<2	<100	<2	491.2
5	ESP4-3-A	10682	694	304	<1	<100	4	1446	<2	2522	<10	18.8	<5	<2	<100	<2	211.7
6	ESP4-3-R	7649	1242	676	<1	<100	2	1012	11	2746	<10	18.2	10	<2	<100	<2	933.6
7	ESP5-1-A	3916	1159	239	<1	<100	2	915	2	802	<10	43.0	<5	<2	<100	3	240.7
8	ESP5-1-R	5243	304	31	<1	<100	<1	1018	<2	217	<10	17.3	<5	<2	<100	<2	32.9
9	ESP5-2-A	5832	676	124	<1	<100	<1	720	<2	496	<10	25.7	<5	<2	<100	<2	136.3
10	ESP5-2-R	6258	578	138	<1	<100	1	723	<2	424	<10	17.4	<5	<2	<100	<2	153.9
11	ESP5-3-A	3566	754	265	<1	<100	1	912	<2	907	<10	21.3	<5	<2	<100	<2	210.2
12	ESP5-3-R	5573	1104	766	<1	<100	2	920	7	1338	<10	19.9	5	<2	<100	2	664.3
13	ESP6-1-A	10703	484	173	<1	<100	1	1034	<2	664	<10	42.4	<5	<2	<100	<2	309.6
14	ESP6-1-R	4752	350	92	<1	<100	1	669	<2	366	<10	19.3	<5	<2	<100	<2	131.6
15	ESP6-2-A	17052	827	137	<1	<100	<1	1662	<2	1234	<10	47.3	<5	<2	<100	<2	215.7
16	ESP6-2-R	7343	324	161	<1	<100	<1	911	<2	657	<10	15.1	<5	<2	<100	<2	259.4
17	ESP6-3-A	12244	643	81	<1	<100	4	1558	<2	1016	<10	34.3	<5	<2	<100	<2	152.0
18	ESP6-3-R	6364	715	77	<1	<100	3	1223	<2	558	<10	30.5	<5	<2	<100	<2	169.3

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas.





INFORME DE ENSAYO
N° JUN1362.R24

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos																				
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección ID	MA0816 Ag (t) mg/kg 0.2	MA0816 Al (t) mg/kg 100	MA0816 As (t) mg/kg 3	MA0816 B (t) mg/kg 0.03	MA0816 Ba (t) mg/kg 1	MA0816 Be (t) mg/kg 0.5	MA0816 Bi (t) mg/kg 5	MA0816 Ca (t) mg/kg 100	MA0816 Cd (t) mg/kg 1	MA0816 Co (t) mg/kg 1	MA0816 Cr (t) mg/kg 1	MA0816 Cu (t) mg/kg 0.5	MA0816 Fe (t) mg/kg 100	MA0816 Hg (t) mg/kg 1	MA0816 K (t) mg/kg 100	MA0816 Mg (t) mg/kg 100	MA0816 Mn (t) mg/kg 2	MA0816 Mo (t) mg/kg 1	MA0816 Na (t) mg/kg 100	MA0816 Ni (t) mg/kg 1	MA0816 P (t) mg/kg 100
1	ESP4-1-A (Original)	0.3	1052	46	25.56	4	<0.5	<5	5849	6	<1	11	9.8	1829	<1	6496	1143	124	<1	<100	5	1414
2	ESP4-1-A (Dup)	0.3	1070	49	25.30	4	<0.5	<5	5818	6	<1	12	9.8	2008	<1	6609	1255	136	<1	<100	5	1554
3	Blanco	<0.2	<100	<3	<0.03	<1	<0.5	<5	<100	<1	<1	<1	<0.5	<100	<1	<100	<100	<2	<1	<100	<1	<100

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas



INFORME DE ENSAYO
N° JUN1362.R24

Muestras QC		Ensayos								
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección ID	MA0816 Fb (t) mg/kg 2	MA0816 S (t) mg/kg 1	MA0816 Sn (t) mg/kg 10	MA0816 Sr (t) mg/kg 0.5	MA0816 Sb (t) mg/kg 5	MA0816 Tl (t) mg/kg 2	MA0816 Tl (t) mg/kg 100	MA0816 V (t) mg/kg 2	MA0816 Zn (t) mg/kg 0.5
1	ESP4-1-A (Original)	<2	1272	<10	37.9	<5	<2	<100	<2	297.7
2	ESP4-1-A (Dup)	<2	1382	<10	41.8	<5	<2	<100	<2	300.3
3	Blanco	<2	<1	<10	<0.5	<5	<2	<100	<2	<0.5

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas





INFORME DE ENSAYO
N° JUN1362.R24

METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
Ensayo	Denominación	Cod.Serv	(1) Norma o Referencia	
1	Coordenadas Geográficas	Coordenadas Geográficas	MA1000	--
2	Metales Totales	Metales Totales	MA0816	ADC Official Method 985.01 Metals and Other Elements in Plants and Pet Foods. Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopic Method.

- (1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
 APHA: American Public Health Association.
 AWWA: American Water Works Association.
 WEF: Water Environment Federation.
 EPA: Environmental Protection Agency.
 ASTM: American Society for Testing and Materials.
 ISO: International Organization for Standardization.
 NTP: Norma Técnica Peruana.
 NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERTIMIN S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a las muestras indicadas



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1363.R24

SOLICITANTE :	COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.
DOMICILIO LEGAL :	Av. República de Colombia No. 791, Of. 804 - Corpac San Isidro, Lima
SOLICITADO POR :	Fiorela Esther Araujo Caceres
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	SSA N° 357-24 Cadena de Custodia N° 1843-24/CERTIMIN
REFERENCIA :	UEA Huancapeti Recuay / Recuay / Ancash Monitoreo de Suelo
FECHA DE MUESTREO :	2024/06/09
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Suelos
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	12
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Bolsas Selladas
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestras en buenas condiciones para los análisis solicitados.
FECHA DE RECEPCIÓN :	sábado, 22 de junio de 2024
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2024-06-22 al 2024-07-08
FECHA DE REPORTE :	lunes, 08 de julio de 2024
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 8 de julio de 2024

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente y que pueda afectar a la validez de los resultados.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas N° 845-San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656
e-mail : certimin@certimin.pe

TEL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1363.R24

Registro N° LE - 022

RESULTADOS

N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad	Fecha Muestreo	MON0000 Tipo Muestra	MON0000 WGS-84	MA1000 Est+ WGS-84	MA1000 Altitud+ mmm	MA1000 Profundidad+ m	Ensayos																		
								MA0370 Rg mg/Kg PS 0.01	MA1124 Ag mg/Kg PS 0.2	MA1124 Al mg/Kg PS 100	MA1124 As mg/Kg PS 0.2	MA1124 B+ mg/Kg PS 2.5	MA1124 Ba mg/Kg PS 1	MA1124 Be mg/Kg PS 0.4	MA1124 Bi+ mg/Kg PS 5	MA1124 Ca mg/Kg PS 100	MA1124 Cd mg/Kg PS 0.36	MA1124 Co mg/Kg PS 0.04	MA1124 Cr mg/Kg PS 0.3	MA1124 Cu mg/Kg PS 0.5	MA1124 Fe mg/Kg PS 100	MA1124 K mg/Kg PS 100	MA1124 Mg mg/Kg PS 100	MA1124 Mn mg/Kg PS 100	MA1124 Mo mg/Kg PS 0.09	MA1124 Na mg/Kg PS 100
1	ESP1-S1	2024-06-09 08:15	Suelos	8920990	222378	4543	0.30	0.37	8.7	17006	5224.4	12.7	134	2.7	<5	3127	16.15									
2	ESP1-S2	2024-06-09 08:45	Suelos	8921001	222384	4544	0.30	0.35	7.3	17014	4709.8	11.8	92	1.6	<5	2922	9.98									
3	ESP1-S3	2024-06-09 09:15	Suelos	8921022	222372	4540	0.30	0.57	8.5	7547	4622.3	5.1	58	0.8	<5	1076	8.51									
4	ESP2-S1	2024-06-09 09:45	Suelos	8920986	222380	4541	0.30	0.30	6.7	11925	2672.5	13.8	97	1.3	<5	5227	25.33									
5	ESP2-S2	2024-06-09 10:15	Suelos	8920993	222376	4541	0.30	0.59	6.1	14988	4743.5	18.3	74	1.8	<5	7978	11.21									
6	ESP2-S3	2024-06-09 10:45	Suelos	8921013	222360	4541	0.30	0.66	29.0	17433	9079.7	9.2	82	2.2	6	5262	43.76									
7	ESP3-S1	2024-06-09 11:15	Suelos	8920993	222382	4541	0.30	0.29	7.7	16125	5736.8	14.0	83	1.7	<5	5112	14.10									
8	ESP3-S2	2024-06-09 11:45	Suelos	8921011	222383	4541	0.30	0.40	12.6	28020	11215.2	12.9	186	3.3	<5	3819	20.13									
9	ESP3-S3	2024-06-09 12:15	Suelos	8921024	222378	4541	0.30	0.62	21.9	19909	11144.1	11.6	122	2.4	<5	2776	34.81									
10	DR1	2024-06-09 07:15	Suelos	8920987	222380	4542	0.30	0.34	9.9	16227	5880.1	10.5	85	1.4	<5	1435	13.55									
11	DR2	2024-06-09 07:30	Suelos	8920988	222370	4541	0.30	0.46	7.0	17140	4814.7	10.4	119	2.5	<5	1978	11.17									
12	DR3	2024-06-09 07:45	Suelos	8921015	222387	4541	0.30	0.64	20.7	19974	8940.2	10.4	130	2.5	<5	1683	31.33									

Las Coordenadas, Altitud, Zona, Profundidad: son datos proporcionados por el cliente.
 PS: Peso seco
 (**) Los resultados se encuentran fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 LD: Límite de Detección (Límite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail: certimin@certimin.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1363.R24

Registro N° LE - 022

N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad	Fecha Muestreo	MON0000 Tipo Muestra	MON0000 WGS-84	MA1000 Est+ WGS-84	MA1000 Altitud+ mmm	MA1000 Profundidad+ m	Ensayos															
								MA1124 Co mg/Kg PS 0.04	MA1124 Cr mg/Kg PS 0.3	MA1124 Cu mg/Kg PS 0.5	MA1124 Fe mg/Kg PS 100	MA1124 K mg/Kg PS 100	MA1124 Mg mg/Kg PS 100	MA1124 Mn mg/Kg PS 100	MA1124 Mo mg/Kg PS 0.09	MA1124 Na mg/Kg PS 100	MA1124 Ni mg/Kg PS 1	MA1124 P+ mg/Kg PS 100	MA1124 Pb mg/Kg PS 0.3	MA1124 Sb mg/Kg PS 5	MA1124 Se mg/Kg PS 0.9	MA1124 Sn+ mg/Kg PS 10	MA1124 Sr+ mg/Kg PS 0.5
1	ESP1-S1	21.35	4.9	552.2	24416	840	2361	3581	11.13	350	5	2617	1135.8	95	<0.9	<10	29.1	108					
2	ESP1-S2	12.57	5.4	457.5	31723	896	3127	1443	8.74	146	4	2104	993.3	20	<0.9	<10	29.0	195					
3	ESP1-S3	9.05	2.4	239.0	19565	590	1195	849	4.77	190	2	814	1246.0	20	<0.9	<10	9.8	<100					
4	ESP2-S1	13.14	5.1	266.4	19886	1024	2207	3078	5.68	130	7	3430	977.6	18	<0.9	<10	43.4	133					
5	ESP2-S2	14.03	5.1	446.7	26253	1054	2347	1864	12.27	110	5	2363	912.0	16	<0.9	<10	42.1	151					
6	ESP2-S3	20.62	4.2	778.3	34380	686	1653	1899	13.52	104	4	2666	4390.3	66	1.0	<10	27.3	<100					
7	ESP3-S1	14.29	5.0	467.4	27079	915	2390	1567	9.15	<100	5	2605	943.3	19	<0.9	<10	38.5	152					
8	ESP3-S2	36.18	4.5	943.3	40222	862	1969	5553	20.20	123	6	2262	1386.1	33	0.9	<10	31.4	112					
9	ESP3-S3	25.06	4.9	828.4	40011	790	2154	3169	12.61	118	5	2072	3127.3	51	<0.9	<10	25.4	110					
10	DR1	14.77	5.0	456.0	31896	906	2837	1292	8.75	<100	4	1802	1353.7	26	<0.9	<10	23.0	159					
11	DR2	15.70	4.9	633.9	28647	589	2440	1748	11.87	<100	4	1949	923.6	23	<0.9	<10	26.0	123					
12	DR3	19.51	4.9	828.2	34364	758	2005	1959	14.21	<100	4	1877	2627.9	50	<0.9	<10	24.6	107					

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail: certimin@certimin.pe





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1363.R24

Registro N° LE - 022

N°	Muestras	Ensayos			
		MA1124 T1	MA1124 V	MA1124 Zn	
	Codigo de Servicio Ensayo	Unidad	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS
	Limite de Detección LD	0.03	2	0.5	
1	ESP1-S1	0.72	25	1287.0	
2	ESP1-S2	0.56	18	1135.5	
3	ESP1-S3	0.37	14	896.0	
4	ESP2-S1	0.43	13	2559.0	
5	ESP2-S2	0.50	12	1234.3	
6	ESP2-S3	0.93	8	5006.6	
7	ESP3-S1	0.53	12	1472.4	
8	ESP3-S2	1.06	11	2086.1	
9	ESP3-S3	1.03	10	3732.0	
10	DR1	0.73	15	1148.4	
11	DR2	0.84	11	825.0	
12	DR3	0.85	10	3197.6	

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe

TEL: USO INDIVIDUAL DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1363.R24

Registro N° LE - 022

CONTROL DE CALIDAD

N°	Muestras QC	Ensayos													
		MA0370 Hg	MA1124 Ag	MA1124 Al	MA1124 As	MA1124 B**	MA1124 Ba	MA1124 Be	MA1124 Bi***	MA1124 Ca	MA1124 Cd	MA1124 Co	MA1124 Cr	MA1124 Cu	MA1124 Fe
	Codigo de Servicio Ensayo	Unidad	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS	mg/Kg PS
	Limite de Detección LD	0.01	0.2	100	0.2	2.5	1	0.4	5	100	0.36	0.04	0.3	0.5	100
1	STD - Recuperación Obtenido (%)	98.4	99.2	106.8	100.9	98.4	97.6	101.3	--	98.1	101.4	102.8	98.6	102.0	98.3
2	STD - Rango (%)	94.2-105.8	97.3-102.7	89.4-110.6	97.0-103.0	95.6-104.4	97.2-102.8	98.5-101.5	--	97.8-102.2	97.7-102.3	96.7-103.3	97.4-102.6	97.6-102.4	95.8-104.2
3	ESP3-S2 (Original)	0.40	12.6	28020	11215.2	12.9	196	3.3	<S	3819	20.13	36.18	4.5	943.3	40222
4	ESP3-S2 (Dup.)	0.43	12.8	28640	11620.9	13.3	204	3.2	<S	3980	20.06	35.48	4.4	979.8	41189
5	Adición (% Recup.)	115.0	101.1	102.8	98.6	99.6	97.4	100.5	--	100.6	101.3	102.8	99.8	102.2	102.8
6	Adición (% Recup.)	107.5	97.5	99.3	99.1	102.7	97.4	99.2	--	101.7	101.4	102.8	101.0	102.4	99.8
7	Adición Rango (%)	80.0 - 120.0	97.3 - 102.7	89.4 - 110.6	97.0 - 103.0	95.6 - 104.4	97.2 - 102.8	98.5 - 101.5	--	97.8 - 102.2	97.7 - 102.3	96.7 - 103.3	97.4 - 102.6	97.6 - 102.4	95.8 - 104.2
8	Blanco	<0.01	<0.2	<100	<0.2	<2.5	<1	<0.4	<S	<100	<0.36	<0.04	<0.3	<0.5	<100

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe

TEL: USO INDIVIDUAL DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1363.R24

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA1124 K mg/Kg PS 100	MA1124 Mg mg/Kg PS 100	MA1124 Mn mg/Kg PS 2	MA1124 Mo mg/Kg PS 0.09	MA1124 Na mg/Kg PS 100	MA1124 Ni mg/Kg PS 1	MA1124 P** mg/Kg PS 100	MA1124 Pb mg/Kg PS 0.3	MA1124 Sb mg/Kg PS 5	MA1124 Se mg/Kg PS 0.9	MA1124 Sn** mg/Kg PS 10	MA1124 S*** mg/Kg PS 0.5	MA1124 Tl** mg/Kg PS 100	MA1124 Tl mg/Kg PS 0.03
1	STD - Recuperación Obtenido (%)	98.0	100.9	99.0	99.2	101.5	100.0	--	100.8	106.6	101.0	96.2	94.8	90.3	98.0
2	STD - Rango (%)	96.6-103.4	96.8-103.2	96.5-103.5	96.4-103.6	91.2-108.8	98.1-101.9	--	97.3-102.7	82.3-117.7	97.3-102.7	93.2-106.8	85.5-114.5	89.9-110.1	97.3-102.7
3	ESP3-S2 (Original)	882	1969	5553	20.20	123	6	2262	1388.1	33	0.9	< 10	31.4	112	1.06
4	ESP3-S2 (Dup)	908	2020	5735	20.06	122	6	2370	1354.2	35	0.9	< 10	34.5	114	1.07
5	Adición (% Recup.)	100.5	100.9	98.6	99.2	95.4	100.0	--	101.0	95.6	100.9	102.6	94.8	96.2	98.9
6	Adición (% Recup.)	98.3	100.9	102.8	99.2	94.1	100.0	--	98.6	103.4	100.3	94.9	94.8	94.5	98.4
7	Adición Rango (%)	96.6 - 103.4	96.8 - 103.2	96.5 - 103.5	96.4 - 103.6	91.2 - 108.8	98.1 - 101.9	--	97.3 - 102.7	82.3 - 117.7	97.3 - 102.7	93.2 - 106.8	85.5 - 114.5	89.9 - 110.1	97.3 - 102.7
8	Blanco	<100	<100	<2	<0.09	<100	<1	< 100	<0.3	<5	<0.9	< 10	< 0.5	< 100	<0.03

TEL: USO INDIVIDUAL DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1363.R24

Muestras QC		Ensayos	
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA1124 V mg/Kg PS 2	MA1124 Zn mg/Kg PS 0.5
1	STD - Recuperación Obtenido (%)	100.0	101.4
2	STD - Rango (%)	96.4-103.6	98.5-101.5
3	ESP3-S2 (Original)	11	2086.1
4	ESP3-S2 (Dup)	10	2146.8
5	Adición (% Recup.)	100.7	100.8
6	Adición (% Recup.)	100.0	100.7
7	Adición Rango (%)	96.4 - 103.6	98.5 - 101.5
8	Blanco	<2	<0.5

TEL: USO INDIVIDUAL DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° JUN1363.R24

Página 8 de 8

METODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod. Serv	(1) Norma o Referencia
1	Coordenadas Geográficas *	Coordenadas Geográficas	MA1000	--
2	Metales Por ICP MS/ICP OES	Metales Por ICP MS/ICP OES	MA1124	EPA Method 3050B Rev.2 1996/EPA Method 6010D Rev.5 2018/EPA Method 6020 B Rev.2 2014/Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils/Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry/Inductively coupled Plasma-Mass Spectrometry.
3	Mercurio	Mercurio	MA0370	EPA Method 7471 B Rev.2 2007. Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold Vapor Technique).

(1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA: American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF: Water Environment Federation.
EPA: Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.

TEL USUARIOS DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1364.R24

SOLICITANTE :	COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.
DOMICILIO LEGAL :	Av. República de Colombia No. 791, Of. 804 - Corpac, San Isidro, Lima
SOLICITADO POR :	Fiorela Esther Araujo Caceres
SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:	SSA N° 357-24 Cadena de Custodia N° 1844-24/CERTIMIN
REFERENCIA :	UEA Huancapeti Aija / Aija / Ancash Monitoreo de Suelo
FECHA DE MUESTREO :	2024/06/10
MUESTRA TOMADA POR :	EL CLIENTE
PROTOCOLO :	--
TIPO DE MUESTRA:	Suelos
NÚMERO DE ESTACIONES DE MUESTREO :	12
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Bolsas Selladas
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS	Muestras en buenas condiciones para los análisis solicitados.
FECHA DE RECEPCIÓN :	sábado, 22 de junio de 2024
IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :	Según se indica
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :	2024-06-22 al 2024-07-08
FECHA DE REPORTE :	lunes, 08 de julio de 2024
PERIODO DE CUSTODIA :	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.

EDGAR NINA VELÁSQUEZ
Jefe Ambiental
CQP. 729

Lima, 8 de julio de 2024

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente y que pueda afectar a la validez de los resultados.
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.
Los ensayos han sido realizados en CERTIMIN S.A. sede Lima.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas N° 845-San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656
e-mail : certimin@certimin.pe

TEL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1364.R24

Registro N° LE - 022

RESULTADOS

N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad	Fecha Muestreo	MON0000 Tipo Muestra	Ensayos															
				MON0000 No+ WGS-84	MA1000 Est+ WGS-84	MA1000 Altitud* msm	MA1000 Profundidad* m	MA0370 Hg mg/Kg PS 0.01	MA1124 Ag mg/Kg PS 0.2	MA1124 Al mg/Kg PS 100	MA1124 As mg/Kg PS 0.2	MA1124 B** mg/Kg PS 2.5	MA1124 Ba mg/Kg PS 1	MA1124 Be mg/Kg PS 0.4	MA1124 Bi*** mg/Kg PS 5	MA1124 Ca mg/Kg PS 100	MA1124 Cd mg/Kg PS 0.36		
1	ESP4-S1	2024-06-10 08:15	Suelos	8919252	219060	4031	0.30	1.48	1.2	27173	430.0	7.7	42	0.7	<5	3730	1.47		
2	ESP4-S2	2024-06-10 08:45	Suelos	8919261	219014	4045	0.30	0.33	4.1	23082	853.6	8.4	58	0.6	<5	2237	2.83		
3	ESP4-S3	2024-06-10 09:15	Suelos	8919306	218956	4071	0.30	0.93	25.0	12852	7769.3	19.5	32	0.5	<5	12428	38.39		
4	ESP5-S1	2024-06-10 09:45	Suelos	8919246	219049	4034	0.30	0.14	1.3	27505	379.9	10.7	39	0.5	<5	4600	1.08		
5	ESP5-S2	2024-06-10 10:15	Suelos	8919299	218997	4060	0.30	0.20	3.1	24423	619.0	10.2	65	0.6	<5	1987	4.18		
6	ESP5-S3	2024-06-10 10:45	Suelos	8919314	218969	4072	0.30	0.28	3.3	22512	889.0	25.0	40	0.4	<5	3039	6.37		
7	ESP6-S1	2024-06-10 11:15	Suelos	8919252	219053	4041	0.30	0.16	1.7	20629	544.0	6.5	55	0.6	<5	2677	1.96		
8	ESP6-S2	2024-06-10 11:45	Suelos	8919289	218997	4055	0.30	0.65	23.5	15544	5493.5	21.8	27	0.8	13	6929	41.29		
9	ESP6-S3	2024-06-10 12:15	Suelos	8919327	218946	4079	0.30	0.15	0.4	6711	227.1	9.7	31	<0.4	<5	1584	1.22		
10	DD1	2024-06-10 07:15	Suelos	8919264	219068	4035	0.30	0.91	20.1	20471	7098.9	32.2	38	1.7	<5	20056	186.25		
11	DD2	2024-06-10 07:30	Suelos	8919284	218990	4059	0.30	0.90	19.6	21015	7236.1	32.9	35	2.1	5	18907	184.61		
12	DD3	2024-06-10 07:45	Suelos	8919331	218944	4080	0.30	1.37	27.2	13901	12514.5	31.1	22	0.7	13	13551	64.23		

Las Coordenadas*, Altitud*, Zona*, Profundidad* : son datos proporcionados por el cliente.
 PS: Peso seco
 (**) Los resultados se encuentran fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 LD: Límite de Detección (Límite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1364.R24

Registro N° LE - 022

N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad	Ensayos																
		MA1124 Co mg/Kg PS 0.04	MA1124 Cr mg/Kg PS 0.3	MA1124 Cu mg/Kg PS 0.5	MA1124 Fe mg/Kg PS 100	MA1124 K mg/Kg PS 100	MA1124 Mg mg/Kg PS 100	MA1124 Mn mg/Kg PS 100	MA1124 Ni mg/Kg PS 2	MA1124 Mo mg/Kg PS 0.09	MA1124 Na mg/Kg PS 100	MA1124 P mg/Kg PS 100	MA1124 S mg/Kg PS 100	MA1124 Se mg/Kg PS 0.3	MA1124 Si mg/Kg PS 100	MA1124 Sn*** mg/Kg PS 10	MA1124 Sr*** mg/Kg PS 0.5	MA1124 Tl*** mg/Kg PS 100
1	ESP4-S1	12.80	6.2	42.4	34516	1200	8212	934	1.03	279	4	1550	219.5	<5	<0.9	<10	65.5	534
2	ESP4-S2	7.40	4.6	32.4	23705	1029	8657	780	0.87	181	4	1258	740.4	10	<0.9	<10	25.8	533
3	ESP4-S3	23.98	4.9	171.8	40992	1606	6205	4374	1.27	348	6	1674	5861.0	61	<0.9	<10	39.5	242
4	ESP5-S1	12.53	7.9	43.8	31368	1141	8984	1100	0.73	229	4	1483	141.3	6	<0.9	<10	85.5	496
5	ESP5-S2	7.69	5.1	37.4	24163	869	6484	908	0.93	145	4	1336	469.1	<5	<0.9	<10	18.3	593
6	ESP5-S3	9.54	6.5	43.7	24680	1282	5845	1510	1.33	148	6	1877	809.6	7	<0.9	<10	16.3	587
7	ESP6-S1	10.90	3.7	39.5	23132	1082	5704	701	2.88	251	3	1142	415.3	<5	<0.9	<10	67.1	387
8	ESP6-S2	15.66	5.0	178.5	41492	1568	6386	4847	1.43	318	8	1332	4825.6	37	<0.9	<10	28.9	268
9	ESP6-S3	6.41	6.6	33.0	20170	935	2435	370	1.11	188	7	965	92.3	<5	<0.9	<10	14.7	211
10	DD1	53.92	6.1	520.6	66962	1995	6410	18699	2.94	588	29	1532	2813.4	52	<0.9	<10	81.5	229
11	DD2	52.17	6.5	505.1	65755	1981	6135	17951	3.12	560	29	1683	2891.9	49	<0.9	<10	79.5	230
12	DD3	26.40	5.8	281.9	54936	2592	6563	6717	2.19	728	14	1803	4490.3	55	1.2	<10	39.8	133

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1364.R24

Registro N° LE - 022

N°	Muestras	Ensayos		
		MA1124 T1 Unidad mg/Kg PS Limite de Detección LD	MA1124 V mg/Kg PS 2	MA1124 Zn mg/Kg PS 0.5
1	ESP4-S1	0.28	39	271.4
2	ESP4-S2	0.29	27	530.0
3	ESP4-S3	1.06	24	5788.2
4	ESP5-S1	0.29	41	291.4
5	ESP5-S2	0.37	29	677.4
6	ESP5-S3	0.69	32	912.5
7	ESP6-S1	0.31	21	235.9
8	ESP6-S2	1.50	25	6132.2
9	ESP6-S3	0.15	19	214.6
10	DD1	1.56	25	43181.5
11	DD2	1.52	25	40346.3
12	DD3	1.94	24	10117.0

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe

TEL USOMBERO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANDONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1364.R24

Registro N° LE - 022

CONTROL DE CALIDAD

N°	Muestras QC	Ensayos													
		MA0370 Hg Unidad mg/Kg PS Limite de Detección LD	MA1124 Ag mg/Kg PS 0.2	MA1124 Al mg/Kg PS 100	MA1124 As mg/Kg PS 0.2	MA1124 B** mg/Kg PS 2.5	MA1124 Ba mg/Kg PS 1	MA1124 Be mg/Kg PS 0.4	MA1124 Bi*** mg/Kg PS 5	MA1124 Ca mg/Kg PS 100	MA1124 Cd mg/Kg PS 0.36	MA1124 Co mg/Kg PS 0.04	MA1124 Cr mg/Kg PS 0.3	MA1124 Cu mg/Kg PS 0.5	MA1124 Pb mg/Kg PS 100
1	STD - Recuperación Obtenido (%)	97.2	100.2	93.8	98.8	100.0	97.6	98.8	--	101.8	101.4	102.8	99.0	102.0	101.9
2	STD - Rango (%)	94.2-105.8	97.3-102.7	89.4-110.6	97.0-103.0	95.6-104.4	97.2-102.8	98.5-101.5	--	97.8-102.2	97.7-102.3	96.7-103.3	97.4-102.6	97.6-102.4	95.8-104.2
3	ESP6-S1 (Original)	--	1.7	20629	544.0	6.5	55	0.6	<S	2677	1.96	10.90	3.7	39.5	23132
4	ESP6-S1 (Dup)	--	2.0	23176	608.3	6.9	56	0.5	<S	2881	1.75	10.59	3.6	42.3	24983
5	ESP6-S3 (Original)	0.15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	ESP6-S3 (Dup)	0.18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	Adición (% Recup.)	95.0	97.9	95.1	101.9	96.1	97.6	101.3	--	99.3	101.4	102.8	101.5	101.9	99.7
8	Adición (% Recup.)	92.5	100.6	93.0	97.5	96.8	97.6	101.3	--	98.8	101.4	102.8	99.6	102.0	98.4
9	Adición Rango (%)	80.0 - 120.0	97.3 - 102.7	89.4 - 110.6	97.0 - 103.0	95.6 - 104.4	97.2 - 102.8	98.5 - 101.5	--	97.8 - 102.2	97.7 - 102.3	96.7 - 103.3	97.4 - 102.6	97.6 - 102.4	95.8 - 104.2
10	Blanco	<0.01	<0.2	<100	<0.2	<2.5	<1	<0.4	<S	<100	<0.36	<0.04	<0.3	<0.5	<100

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe

TEL USOMBERO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANDONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1364.R24

N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	Ensayos													
		MA1124 K mg/Kg PS 100	MA1124 Mg mg/Kg PS 100	MA1124 Mn mg/Kg PS 2	MA1124 Mo mg/Kg PS 0.09	MA1124 Na mg/Kg PS 100	MA1124 Ni mg/Kg PS 1	MA1124 P** mg/Kg PS 100	MA1124 Pb mg/Kg PS 0.3	MA1124 Sb mg/Kg PS 5	MA1124 Se mg/Kg PS 0.9	MA1124 Sn** mg/Kg PS 10	MA1124 S*** mg/Kg PS 0.5	MA1124 Tl*** mg/Kg PS 100	MA1124 Zn mg/Kg PS 0.03
1	STD - Recuperación Obtenido (%)	99.4	100.9	103.3	99.2	92.8	101.9	--	101.8	94.0	97.5	103.8	94.8	92.4	98.9
2	STD - Rango (%)	96.6-103.4	96.8-103.2	96.5-103.5	96.4-103.6	91.2-108.8	98.1-101.9	--	97.3-102.7	82.3-117.7	97.3-102.7	93.2-106.8	85.5-114.5	89.9-110.1	97.3-102.7
3	ESP6-S1 (Original)	1082	5704	701	2.88	251	3	1142	415.3	<5	<0.9	<10	67.1	387	0.31
4	ESP6-S1 (Dup)	1206	6075	716	2.94	242	3	1209	393.2	<5	<0.9	<10	72.0	426	0.30
5	ESP6-S3 (Original)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	ESP6-S3 (Dup)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	Adición (% Recup.)	97.6	100.9	100.2	99.2	94.7	99.1	--	101.0	90.9	98.0	102.6	94.8	94.5	99.7
8	Adición (% Recup.)	99.7	100.9	102.8	99.2	105.3	100.9	--	98.8	95.6	98.3	101.3	94.8	108.4	99.8
9	Adición Rango (%)	96.6 - 103.4	96.8 - 103.2	96.5 - 103.5	96.4 - 103.6	91.2 - 108.8	98.1 - 101.9	--	97.3 - 102.7	82.3 - 117.7	97.3 - 102.7	93.2 - 106.8	85.5 - 114.5	89.9 - 110.1	97.3 - 102.7
10	Bianco	<100	<100	<2	<0.09	<100	<1	<100	<0.3	<5	<0.9	<10	<0.5	<100	<0.03

TEL USUARIOS DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO N° JUN1364.R24

N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	Ensayos	
		MA1124 V mg/Kg PS 2	MA1124 Zn mg/Kg PS 0.5
1	STD - Recuperación Obtenido (%)	97.1	101.4
2	STD - Rango (%)	96.4-103.6	98.5-101.5
3	ESP6-S1 (Original)	21	235.9
4	ESP6-S1 (Dup)	21	246.6
5	ESP6-S3 (Original)	--	--
6	ESP6-S3 (Dup)	--	--
7	Adición (% Recup.)	100.0	99.2
8	Adición (% Recup.)	100.7	100.3
9	Adición Rango (%)	96.4 - 103.6	98.5 - 101.5
10	Bianco	<2	<0.5

TEL USUARIOS DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° JUN1364.R24

Página 8 de 8

MÉTODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción			
	Ensayo	Denominación	Cod. Serv	(1) Norma o Referencia
1	Coordenadas Geográficas *	Coordenadas Geográficas	MA1000	--
2	Metales Por ICP MS/ICP OES	Metales Por ICP MS/ICP OES	MA1124	EPA Method 3050B Rev.2 1996/EPA Method 6010D Rev.5 2018/EPA Method 6020 B Rev.2 2014/Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils/Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry/Inductively coupled Plasma-Mass Spectrometry.
3	Mercurio	Mercurio	MA0370	EPA Method 7471 B Rev 2. 2007. Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold Vapor Technique).

(1) SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
APHA: American Public Health Association.
AWWA: American Water Works Association.
WEF: Water Environment Federation.
EPA: Environmental Protection Agency.
ASTM: American Society for Testing and Materials.
ISO: International Organization for Standardization.
NTP: Norma Técnica Peruana.
NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.

TEL USUARIOS DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe



ANEXO 6. Procesamiento estadístico

Anexo 6.1. Estadísticos descriptivos, Pruebas de Normalidad Shapiro-Wilk y ANOVA en el Factor de Bioconcentración de la raíz de las plantas

Descriptivos									
Metal/ Especie	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
Ag	ESPECIE 1	3	0.18	0.10	0.06	-0.06	0.42	0.09	0.28
	ESPECIE 2	3	0.32	0.20	0.12	-0.18	0.81	0.11	0.51
	ESPECIE 3	3	0.22	0.14	0.08	-0.12	0.56	0.09	0.36
	ESPECIE 4	3	0.14	0.10	0.06	-0.11	0.38	0.07	0.25
Al	ESPECIE 1	3	0.12	0.04	0.02	0.03	0.21	0.10	0.16
	ESPECIE 2	3	0.14	0.03	0.02	0.06	0.21	0.12	0.17
	ESPECIE 3	3	0.09	0.05	0.03	-0.03	0.22	0.04	0.14
	ESPECIE 4	3	0.07	0.02	0.01	0.02	0.13	0.05	0.09
	ESPECIE 5	3	0.04	0.04	0.02	-0.04	0.13	0.01	0.08
	ESPECIE 6	3	0.03	0.02	0.01	-0.01	0.07	0.02	0.05
As	ESPECIE 1	3	0.14	0.07	0.04	-0.03	0.30	0.06	0.18
	ESPECIE 2	3	0.17	0.08	0.04	-0.02	0.35	0.08	0.22
	ESPECIE 3	3	0.11	0.07	0.04	-0.06	0.29	0.04	0.18
	ESPECIE 4	3	0.11	0.06	0.03	-0.03	0.25	0.06	0.17
	ESPECIE 6	3	0.05	0.05	0.03	-0.06	0.16	0.01	0.10
Ba	ESPECIE 1	3	0.12	0.03	0.02	0.04	0.20	0.10	0.16
	ESPECIE 2	3	0.18	0.02	0.01	0.15	0.22	0.17	0.20
	ESPECIE 3	3	0.15	0.08	0.05	-0.05	0.35	0.07	0.23
	ESPECIE 4	3	0.15	0.03	0.02	0.08	0.22	0.12	0.17
	ESPECIE 5	3	0.25	0.26	0.15	-0.41	0.90	0.08	0.55
	ESPECIE 6	3	0.12	0.09	0.05	-0.10	0.34	0.07	0.23
Cd	ESPECIE 1	3	0.34	0.09	0.05	0.13	0.55	0.24	0.40
	ESPECIE 2	3	0.49	0.44	0.25	-0.59	1.58	0.14	0.98
	ESPECIE 3	3	0.32	0.09	0.05	0.09	0.56	0.25	0.43
	ESPECIE 4	3	1.36	1.23	0.71	-1.70	4.43	0.31	2.72
	ESPECIE 5	3	1.77	0.89	0.51	-0.43	3.98	1.10	2.78
	ESPECIE 6	3	1.54	1.25	0.72	-1.56	4.64	0.12	2.46
Cr	ESPECIE 1	3	0.74	0.33	0.19	-0.09	1.57	0.37	1.02
	ESPECIE 2	3	0.42	0.05	0.03	0.29	0.55	0.39	0.48
	ESPECIE 3	3	0.49	0.15	0.09	0.11	0.87	0.40	0.67
	ESPECIE 4	3	0.71	0.10	0.06	0.46	0.95	0.65	0.82
	ESPECIE 5	3	0.39	0.24	0.14	-0.20	0.98	0.13	0.59
Cu	ESPECIE 1	3	0.27	0.02	0.01	0.23	0.30	0.25	0.28
	ESPECIE 2	3	0.31	0.05	0.03	0.19	0.42	0.27	0.36
	ESPECIE 3	3	0.18	0.10	0.06	-0.06	0.42	0.09	0.28
	ESPECIE 4	3	0.27	0.10	0.06	0.03	0.51	0.16	0.33
	ESPECIE 5	3	0.34	0.22	0.13	-0.21	0.89	0.13	0.57
	ESPECIE 6	3	0.23	0.21	0.12	-0.29	0.76	0.04	0.46
Fe	ESPECIE 1	3	0.13	0.05	0.03	0.01	0.26	0.09	0.19
	ESPECIE 2	3	0.14	0.04	0.02	0.03	0.24	0.09	0.17
	ESPECIE 3	3	0.11	0.05	0.03	-0.02	0.23	0.05	0.15
	ESPECIE 4	3	0.08	0.03	0.01	0.01	0.14	0.05	0.10
	ESPECIE 5	3	0.05	0.05	0.03	-0.07	0.18	0.01	0.11
	ESPECIE 6	3	0.03	0.02	0.01	-0.03	0.08	0.01	0.05

Descriptivos									
Metal/ Especie	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
Mg	ESPECIE 1	3	0.12	0.02	0.01	0.08	0.15	0.10	0.13
	ESPECIE 2	3	0.18	0.04	0.02	0.08	0.28	0.14	0.22
	ESPECIE 3	3	0.18	0.03	0.02	0.11	0.26	0.15	0.20
	ESPECIE 4	3	0.18	0.01	0.01	0.15	0.22	0.18	0.20
	ESPECIE 5	3	0.10	0.08	0.05	-0.10	0.30	0.03	0.19
	ESPECIE 6	3	0.13	0.14	0.08	-0.20	0.47	0.05	0.29
Mn	ESPECIE 1	3	0.19	0.09	0.05	-0.03	0.42	0.14	0.30
	ESPECIE 2	3	0.32	0.08	0.04	0.13	0.51	0.24	0.39
	ESPECIE 3	3	0.26	0.15	0.09	-0.11	0.63	0.11	0.41
	ESPECIE 4	3	0.16	0.04	0.02	0.07	0.25	0.13	0.20
	ESPECIE 5	3	0.23	0.25	0.14	-0.39	0.85	0.03	0.51
	ESPECIE 6	3	0.12	0.09	0.05	-0.10	0.35	0.03	0.21
Pb	ESPECIE 1	3	0.15	0.05	0.03	0.03	0.27	0.10	0.20
	ESPECIE 2	3	0.47	0.20	0.12	-0.03	0.98	0.29	0.69
	ESPECIE 3	3	0.37	0.09	0.05	0.16	0.59	0.30	0.47
Sb	ESPECIE 1	3	0.41	0.12	0.07	0.12	0.71	0.34	0.55
	ESPECIE 2	3	0.56	0.39	0.23	-0.42	1.54	0.24	1.00
	ESPECIE 3	3	0.41	0.19	0.11	-0.07	0.89	0.27	0.63
Sr	ESPECIE 1	3	0.38	0.07	0.04	0.22	0.54	0.32	0.45
	ESPECIE 2	3	0.46	0.11	0.07	0.18	0.74	0.38	0.59
	ESPECIE 3	3	0.57	0.18	0.10	0.12	1.02	0.38	0.74
	ESPECIE 4	3	0.65	0.31	0.18	-0.11	1.41	0.46	1.00
	ESPECIE 5	3	0.79	0.53	0.31	-0.52	2.10	0.20	1.22
	ESPECIE 6	3	0.96	0.97	0.56	-1.44	3.36	0.29	2.07
Zn	ESPECIE 1	3	0.27	0.13	0.08	-0.05	0.60	0.14	0.40
	ESPECIE 2	3	0.39	0.24	0.14	-0.21	0.99	0.14	0.62
	ESPECIE 3	3	0.47	0.20	0.11	-0.02	0.96	0.31	0.69
	ESPECIE 4	3	0.64	0.42	0.24	-0.40	1.67	0.16	0.93
	ESPECIE 5	3	0.36	0.33	0.19	-0.46	1.17	0.11	0.73
	ESPECIE 6	3	0.46	0.38	0.22	-0.49	1.42	0.04	0.79

Pruebas de normalidad				
FBCr		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Ag	ESPECIE 1	0.98	3.00	0.71
	ESPECIE 2	1.00	3.00	0.89
	ESPECIE 3	1.00	3.00	0.88
	ESPECIE 4	0.83	3.00	0.19
Al	ESPECIE 1	0.82	3.00	0.16
	ESPECIE 2	0.79	3.00	0.10
	ESPECIE 3	0.99	3.00	0.78
	ESPECIE 4	0.92	3.00	0.46
	ESPECIE 5	0.99	3.00	0.84
	ESPECIE 6	0.88	3.00	0.34
As	ESPECIE 1	0.81	3.00	0.14
	ESPECIE 2	0.85	3.00	0.25
	ESPECIE 3	0.99	3.00	0.84
	ESPECIE 4	0.98	3.00	0.70
	ESPECIE 6	0.96	3.00	0.64
Ba	ESPECIE 1	0.87	3.00	0.30
	ESPECIE 2	0.96	3.00	0.64
	ESPECIE 3	0.99	3.00	0.86
	ESPECIE 4	0.89	3.00	0.36
	ESPECIE 5	0.80	3.00	0.11
	ESPECIE 6	0.79	3.00	0.10
Cd	ESPECIE 1	0.88	3.00	0.34
	ESPECIE 2	0.93	3.00	0.49
	ESPECIE 3	0.91	3.00	0.41
	ESPECIE 4	0.95	3.00	0.59
	ESPECIE 5	0.89	3.00	0.37
Ni	ESPECIE 2	0.98	3.00	0.73
Pb	ESPECIE 1	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 2	0.98	3.00	0.73
	ESPECIE 3	0.95	3.00	0.55
Sr	ESPECIE 1	1.00	3.00	0.92
	ESPECIE 2	0.85	3.00	0.25
	ESPECIE 3	0.99	3.00	0.82
	ESPECIE 4	0.78	3.00	0.06
	ESPECIE 5	0.93	3.00	0.49
	ESPECIE 6	0.85	3.00	0.23

Pruebas de normalidad				
FBCr		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Cr	ESPECIE 1	0.95	3.00	0.55
	ESPECIE 2	0.80	3.00	0.11
	ESPECIE 3	0.78	3.00	0.06
	ESPECIE 4	0.78	3.00	0.07
	ESPECIE 5	0.94	3.00	0.53
Cu	ESPECIE 1	0.96	3.00	0.64
	ESPECIE 2	0.91	3.00	0.41
	ESPECIE 3	0.99	3.00	0.83
	ESPECIE 4	0.79	3.00	0.10
	ESPECIE 5	0.99	3.00	0.80
	ESPECIE 6	0.98	3.00	0.74
Fe	ESPECIE 1	0.95	3.00	0.57
	ESPECIE 2	0.92	3.00	0.46
	ESPECIE 3	0.95	3.00	0.57
	ESPECIE 4	0.99	3.00	0.78
	ESPECIE 5	0.95	3.00	0.57
	ESPECIE 6	0.92	3.00	0.46
Mg	ESPECIE 1	0.81	3.00	0.13
	ESPECIE 2	0.98	3.00	0.73
	ESPECIE 3	0.83	3.00	0.20
	ESPECIE 4	0.87	3.00	0.29
	ESPECIE 5	0.98	3.00	0.73
	ESPECIE 6	0.78	3.00	0.07
Mn	ESPECIE 1	0.79	3.00	0.08
	ESPECIE 2	0.99	3.00	0.78
	ESPECIE 3	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 4	0.94	3.00	0.54
	ESPECIE 5	0.92	3.00	0.46
	ESPECIE 6	1.00	3.00	0.88
Sb	ESPECIE 1	0.79	3.00	0.08
	ESPECIE 2	0.93	3.00	0.49
	ESPECIE 3	0.87	3.00	0.30
Zn	ESPECIE 1	1.00	3.00	0.92
	ESPECIE 2	0.99	3.00	0.82
	ESPECIE 3	0.93	3.00	0.49
	ESPECIE 4	0.85	3.00	0.25
	ESPECIE 5	0.89	3.00	0.35
	ESPECIE 6	0.95	3.00	0.58

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ag	Entre grupos	0.05	3.00	0.02	0.93	0.47
	Dentro de grupos	0.15	8.00	0.02		
	Total	0.21	11.00			
Al	Entre grupos	0.03	5.00	0.01	4.74	0.01
	Dentro de grupos	0.01	12.00	0.00		
	Total	0.04	17.00			
As	Entre grupos	0.02	4.00	0.01	1.37	0.31
	Dentro de grupos	0.04	10.00	0.00		
	Total	0.06	14.00			
B	Entre grupos	1.00	5.00	0.20	1.68	0.21
	Dentro de grupos	1.43	12.00	0.12		
	Total	2.43	17.00			
Ba	Entre grupos	0.03	5.00	0.01	0.47	0.79
	Dentro de grupos	0.17	12.00	0.01		
	Total	0.20	17.00			
Cd	Entre grupos	6.51	5.00	1.30	1.92	0.16
	Dentro de grupos	8.14	12.00	0.68		
	Total	14.66	17.00			
Cr	Entre grupos	0.31	4.00	0.08	1.93	0.18
	Dentro de grupos	0.41	10.00	0.04		
	Total	0.72	14.00			
Cu	Entre grupos	0.05	5.00	0.01	0.48	0.79
	Dentro de grupos	0.23	12.00	0.02		
	Total	0.27	17.00			
Fe	Entre grupos	0.03	5.00	0.01	3.32	0.04
	Dentro de grupos	0.02	12.00	0.00		
	Total	0.05	17.00			
Mg	Entre grupos	0.02	5.00	0.00	0.85	0.54
	Dentro de grupos	0.06	12.00	0.00		
	Total	0.08	17.00			
Mn	Entre grupos	0.08	5.00	0.02	0.84	0.55
	Dentro de grupos	0.22	12.00	0.02		
	Total	0.29	17.00			
Pb	Entre grupos	0.16	2.00	0.08	4.84	0.06
	Dentro de grupos	0.10	6.00	0.02		
	Total	0.27	8.00			
Sb	Entre grupos	0.04	2.00	0.02	0.32	0.74
	Dentro de grupos	0.41	6.00	0.07		
	Total	0.46	8.00			
Sr	Entre grupos	0.68	5.00	0.14	0.60	0.70
	Dentro de grupos	2.72	12.00	0.23		
	Total	3.40	17.00			
Zn	Entre grupos	0.23	5.00	0.05	0.51	0.77
	Dentro de grupos	1.09	12.00	0.09		
	Total	1.32	17.00			

Anexo 6.2. Estadísticos descriptivos, Pruebas de Normalidad Shapiro-Wilk y ANOVA
en el Factor de Bioconcentración de la parte aérea de las plantas

		Descriptivos							
Metal/ Especie	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
Ag	ESPECIE 1	3	0.10	0.05	0.03	-0.03	0.23	0.06	0.16
	ESPECIE 3	3	0.13	0.01	0.01	0.11	0.15	0.12	0.14
	ESPECIE 5	3	0.21	0.15	0.09	-0.16	0.58	0.10	0.38
Al	ESPECIE 1	3	0.02	0.01	0.01	-0.02	0.05	0.01	0.03
	ESPECIE 3	3	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02
	ESPECIE 4	3	0.02	0.02	0.01	-0.01	0.06	0.01	0.04
	ESPECIE 5	3	0.04	0.02	0.01	-0.02	0.09	0.02	0.06
As	ESPECIE 1	3	0.03	0.02	0.01	-0.02	0.07	0.02	0.05
	ESPECIE 2	3	0.07	0.09	0.05	-0.15	0.29	0.01	0.17
	ESPECIE 3	3	0.08	0.03	0.02	0.01	0.15	0.05	0.10
	ESPECIE 4	3	0.05	0.05	0.03	-0.07	0.18	0.01	0.11
	ESPECIE 5	3	0.23	0.20	0.12	-0.26	0.73	0.08	0.46
	ESPECIE 6	3	0.03	0.02	0.01	-0.01	0.06	0.01	0.04
Ba	ESPECIE 1	3	0.02	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.03
	ESPECIE 2	3	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05	0.02	0.04
	ESPECIE 3	3	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05	0.02	0.04
	ESPECIE 4	3	0.06	0.04	0.02	-0.02	0.15	0.03	0.10
	ESPECIE 5	3	0.23	0.16	0.09	-0.17	0.63	0.08	0.40
	ESPECIE 6	3	0.07	0.03	0.02	0.00	0.14	0.04	0.10
Cd	ESPECIE 3	3	0.22	0.07	0.04	0.05	0.38	0.14	0.26
	ESPECIE 4	3	2.03	1.94	1.12	-2.79	6.84	0.23	4.08
	ESPECIE 5	3	3.34	3.62	2.09	-5.65	12.34	0.47	7.41
	ESPECIE 6	3	3.07	2.51	1.45	-3.15	9.30	0.22	4.92
Cr	ESPECIE 1	3	0.55	0.61	0.35	-0.96	2.06	0.18	1.25
	ESPECIE 3	3	0.35	0.13	0.08	0.03	0.67	0.20	0.44
	ESPECIE 5	3	0.44	0.17	0.10	0.03	0.86	0.31	0.63
	ESPECIE 6	3	0.60	0.43	0.25	-0.48	1.68	0.20	1.06
Cu	ESPECIE 1	3	0.03	0.03	0.02	-0.04	0.11	0.02	0.07
	ESPECIE 2	3	0.03	0.02	0.01	-0.02	0.08	0.01	0.05
	ESPECIE 3	3	0.04	0.02	0.01	0.00	0.08	0.02	0.05
	ESPECIE 4	3	0.22	0.14	0.08	-0.12	0.56	0.08	0.35
	ESPECIE 5	3	0.30	0.08	0.04	0.11	0.49	0.22	0.37
	ESPECIE 6	3	0.15	0.12	0.07	-0.14	0.43	0.04	0.27
Fe	ESPECIE 1	3	0.03	0.02	0.01	-0.03	0.08	0.01	0.05
	ESPECIE 2	3	0.04	0.03	0.02	-0.04	0.11	0.01	0.07
	ESPECIE 3	3	0.07	0.02	0.01	0.02	0.12	0.05	0.09
	ESPECIE 4	3	0.03	0.02	0.01	-0.03	0.08	0.01	0.05
	ESPECIE 5	3	0.06	0.03	0.02	-0.02	0.14	0.04	0.10
	ESPECIE 6	3	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	ESPECIE 1	3	0.09	0.05	0.03	-0.02	0.21	0.05	0.14
	ESPECIE 2	3	0.15	0.06	0.03	0.01	0.29	0.09	0.20
	ESPECIE 3	3	0.20	0.03	0.02	0.12	0.27	0.17	0.23
	ESPECIE 4	3	0.14	0.04	0.02	0.06	0.23	0.11	0.18
	ESPECIE 5	3	0.12	0.02	0.01	0.08	0.16	0.10	0.13
	ESPECIE 6	3	0.16	0.09	0.05	-0.07	0.39	0.08	0.26
Mn	ESPECIE 1	3	0.13	0.10	0.06	-0.13	0.39	0.05	0.25
	ESPECIE 2	3	0.07	0.04	0.02	-0.02	0.16	0.03	0.10
	ESPECIE 3	3	0.14	0.06	0.04	-0.02	0.29	0.07	0.19
	ESPECIE 4	3	0.09	0.03	0.02	0.01	0.17	0.07	0.13
	ESPECIE 5	3	0.18	0.04	0.02	0.08	0.28	0.14	0.22
	ESPECIE 6	3	0.17	0.12	0.07	-0.13	0.46	0.03	0.25
Sr	ESPECIE 1	3	0.15	0.10	0.06	-0.09	0.39	0.07	0.26
	ESPECIE 2	3	0.24	0.07	0.04	0.08	0.40	0.17	0.30
	ESPECIE 3	3	0.45	0.09	0.05	0.23	0.66	0.35	0.52
	ESPECIE 4	3	1.01	0.84	0.48	-1.07	3.10	0.48	1.98
	ESPECIE 5	3	1.07	0.50	0.29	-0.16	2.30	0.50	1.40
	ESPECIE 6	3	1.53	0.86	0.49	-0.59	3.66	0.63	2.33
Zn	ESPECIE 1	3	0.18	0.12	0.07	-0.11	0.46	0.11	0.31
	ESPECIE 2	3	0.10	0.05	0.03	-0.02	0.22	0.05	0.15

Descriptivos								
Metal/ Especie	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
ESPECIE 3	3	0.24	0.06	0.03	0.10	0.39	0.20	0.31
ESPECIE 4	3	0.54	0.53	0.31	-0.79	1.86	0.04	1.10
ESPECIE 5	3	0.42	0.36	0.21	-0.46	1.30	0.20	0.83
ESPECIE 6	3	0.69	0.64	0.37	-0.89	2.26	0.04	1.31

Pruebas de normalidad				
FBCa		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Ag	ESPECIE 1	0.89	3.00	0.36
	ESPECIE 3	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 5	0.88	3.00	0.32
Al	ESPECIE 1	0.80	3.00	0.12
	ESPECIE 3	1.00	3.00	0.92
	ESPECIE 4	0.96	3.00	0.64
As	ESPECIE 5	0.92	3.00	0.46
	ESPECIE 1	0.88	3.00	0.32
	ESPECIE 2	0.84	3.00	0.22
	ESPECIE 3	0.78	3.00	0.07
	ESPECIE 4	0.95	3.00	0.57
Ba	ESPECIE 5	0.90	3.00	0.38
	ESPECIE 6	0.96	3.00	0.64
	ESPECIE 1	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 2	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 3	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 4	0.99	3.00	0.84
Cd	ESPECIE 5	0.99	3.00	0.79
	ESPECIE 6	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 3	0.81	3.00	0.14
	ESPECIE 4	0.99	3.00	0.78
	ESPECIE 5	0.92	3.00	0.45
Cr	ESPECIE 6	0.88	3.00	0.32
	ESPECIE 1	0.77	3.00	0.05
	ESPECIE 3	0.84	3.00	0.22
	ESPECIE 5	0.92	3.00	0.46
Cu	ESPECIE 6	0.99	3.00	0.77
	ESPECIE 1	0.80	3.00	0.12
	ESPECIE 2	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 3	0.79	3.00	0.09
	ESPECIE 4	1.00	3.00	0.88
	ESPECIE 5	0.99	3.00	0.78
	ESPECIE 6	0.98	3.00	0.76

Pruebas de normalidad				
FBCa		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Fe	ESPECIE 1	0.92	3.00	0.46
	ESPECIE 2	0.96	3.00	0.64
	ESPECIE 3	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 4	0.92	3.00	0.46
	ESPECIE 5	0.87	3.00	0.30
Mg	ESPECIE 1	1.00	3.00	0.88
	ESPECIE 2	0.94	3.00	0.51
	ESPECIE 3	0.96	3.00	0.64
	ESPECIE 4	0.99	3.00	0.84
	ESPECIE 5	0.85	3.00	0.24
	ESPECIE 6	0.94	3.00	0.52
Mn	ESPECIE 1	0.92	3.00	0.46
	ESPECIE 2	0.94	3.00	0.54
	ESPECIE 3	0.96	3.00	0.64
	ESPECIE 4	0.87	3.00	0.30
	ESPECIE 5	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 6	0.85	3.00	0.24
Pb	ESPECIE 3	0.89	3.00	0.36
	ESPECIE 1	0.93	3.00	0.49
	ESPECIE 2	1.00	3.00	0.92
	ESPECIE 3	0.95	3.00	0.55
	ESPECIE 4	0.80	3.00	0.11
	ESPECIE 5	0.82	3.00	0.17
Sr	ESPECIE 6	0.99	3.00	0.79
	ESPECIE 1	0.78	3.00	0.07
	ESPECIE 2	1.00	3.00	1.00
	ESPECIE 3	0.88	3.00	0.33
	ESPECIE 4	0.99	3.00	0.79
	ESPECIE 5	0.79	3.00	0.08
Zn	ESPECIE 6	1.00	3.00	0.94

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ag	Entre grupos	0.02	2.00	0.01	1.15	0.38
	Dentro de grupos	0.05	6.00	0.01		
	Total	0.07	8.00			
Al	Entre grupos	0.00	3.00	0.00	1.32	0.33
	Dentro de grupos	0.00	8.00	0.00		
	Total	0.00	11.00			
As	Entre grupos	0.09	5.00	0.02	2.07	0.14
	Dentro de grupos	0.10	12.00	0.01		
	Total	0.19	17.00			
Ba	Entre grupos	0.09	5.00	0.02	3.97	0.02
	Dentro de grupos	0.06	12.00	0.00		
	Total	0.15	17.00			
Cd	Entre grupos	18.09	3.00	6.03	1.04	0.43
	Dentro de grupos	46.30	8.00	5.79		
	Total	64.39	11.00			
Cr	Entre grupos	0.11	3.00	0.04	0.25	0.86
	Dentro de grupos	1.21	8.00	0.15		
	Total	1.32	11.00			
Cu	Entre grupos	0.19	5.00	0.04	5.97	0.01
	Dentro de grupos	0.08	12.00	0.01		
	Total	0.27	17.00			
Fe	Entre grupos	0.01	5.00	0.00	3.01	0.05
	Dentro de grupos	0.01	12.00	0.00		
	Total	0.01	17.00			
Mg	Entre grupos	0.02	5.00	0.00	1.38	0.30
	Dentro de grupos	0.03	12.00	0.00		
	Total	0.05	17.00			
Mn	Entre grupos	0.03	5.00	0.01	0.97	0.47
	Dentro de grupos	0.07	12.00	0.01		
	Total	0.09	17.00			
Sr	Entre grupos	4.50	5.00	0.90	3.17	0.047
	Dentro de grupos	3.40	12.00	0.28		
	Total	7.90	17.00			
Zn	Entre grupos	0.77	5.00	0.15	1.11	0.41
	Dentro de grupos	1.67	12.00	0.14		
	Total	2.44	17.00			

Anexo 6.3. Estadísticos descriptivos, Pruebas de Normalidad Shapiro-Wilk y ANOVA en los Factores de Traslocación

Descriptivos									
Metal/ Especie	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
Ag	ESPECIE 1	3	0.82	0.82	0.47	-1.21	2.85	0.21	1.75
	ESPECIE 3	3	0.81	0.58	0.33	-0.62	2.25	0.32	1.45
Al	ESPECIE 1	3	0.14	0.13	0.08	-0.19	0.47	0.05	0.29
	ESPECIE 3	3	0.21	0.08	0.05	0.01	0.41	0.12	0.28
	ESPECIE 4	3	0.24	0.16	0.09	-0.16	0.63	0.10	0.41
	ESPECIE 5	3	3.26	4.77	2.75	-8.59	15.12	0.35	8.77
As	ESPECIE 1	3	0.36	0.44	0.25	-0.73	1.45	0.09	0.87
	ESPECIE 2	3	0.40	0.37	0.21	-0.52	1.32	0.07	0.80
	ESPECIE 3	3	0.89	0.38	0.22	-0.06	1.84	0.53	1.29
	ESPECIE 4	3	0.41	0.21	0.12	-0.10	0.92	0.20	0.61
	ESPECIE 6	3	0.56	0.23	0.13	-0.01	1.14	0.35	0.81
Ba	ESPECIE 1	3	0.21	0.12	0.07	-0.08	0.50	0.10	0.33
	ESPECIE 2	3	0.17	0.06	0.04	0.02	0.32	0.13	0.24
	ESPECIE 3	3	0.23	0.07	0.04	0.07	0.39	0.16	0.29
	ESPECIE 4	3	0.42	0.14	0.08	0.07	0.77	0.29	0.57
	ESPECIE 5	3	1.35	1.14	0.66	-1.47	4.18	0.67	2.67
	ESPECIE 6	3	0.64	0.31	0.18	-0.13	1.42	0.43	1.00
Cd	ESPECIE 3	3	0.74	0.36	0.21	-0.15	1.64	0.33	1.00
	ESPECIE 4	3	1.31	0.49	0.28	0.09	2.52	0.75	1.67
	ESPECIE 5	3	1.53	1.12	0.65	-1.25	4.32	0.43	2.67
	ESPECIE 6	3	1.93	0.12	0.07	1.65	2.22	1.80	2.00
Cr	ESPECIE 1	3	0.73	0.68	0.39	-0.96	2.42	0.20	1.50
	ESPECIE 3	3	0.72	0.25	0.15	0.09	1.35	0.50	1.00
	ESPECIE 5	3	1.94	2.22	1.28	-3.57	7.45	0.60	4.50
Cu	ESPECIE 1	3	0.13	0.12	0.07	-0.17	0.43	0.06	0.27
	ESPECIE 2	3	0.10	0.06	0.03	-0.05	0.25	0.04	0.16
	ESPECIE 3	3	0.24	0.06	0.04	0.09	0.40	0.17	0.29
	ESPECIE 4	3	0.76	0.30	0.17	0.02	1.50	0.48	1.07
	ESPECIE 5	3	1.38	1.22	0.70	-1.65	4.42	0.40	2.75
	ESPECIE 6	3	0.73	0.20	0.11	0.24	1.21	0.58	0.95
Fe	ESPECIE 1	3	0.28	0.29	0.17	-0.43	0.99	0.10	0.61
	ESPECIE 2	3	0.29	0.19	0.11	-0.18	0.76	0.08	0.45
	ESPECIE 3	3	0.71	0.27	0.15	0.05	1.37	0.43	0.96
	ESPECIE 4	3	0.32	0.19	0.11	-0.14	0.79	0.20	0.54
	ESPECIE 5	3	5.19	7.78	4.49	-14.13	24.52	0.42	14.17
	ESPECIE 6	3	0.46	0.14	0.08	0.10	0.82	0.29	0.55
Mg	ESPECIE 1	3	0.78	0.31	0.18	0.02	1.55	0.52	1.12
	ESPECIE 2	3	0.86	0.34	0.20	0.01	1.71	0.50	1.18
	ESPECIE 3	3	1.14	0.40	0.23	0.15	2.13	0.84	1.59
	ESPECIE 4	3	0.78	0.21	0.12	0.25	1.30	0.56	0.98
	ESPECIE 5	3	1.55	1.97	1.14	-3.34	6.45	0.17	3.81
	ESPECIE 6	3	1.61	0.85	0.49	-0.50	3.72	0.90	2.55
Mn	ESPECIE 1	3	0.87	0.80	0.46	-1.11	2.85	0.18	1.74
	ESPECIE 2	3	0.23	0.14	0.08	-0.12	0.58	0.07	0.32
	ESPECIE 3	3	0.57	0.19	0.11	0.10	1.04	0.36	0.73
	ESPECIE 4	3	0.58	0.11	0.06	0.30	0.85	0.45	0.66
	ESPECIE 5	3	2.99	4.10	2.37	-7.20	13.17	0.35	7.71
	ESPECIE 6	3	1.26	0.55	0.32	-0.10	2.62	0.85	1.88
Sr	ESPECIE 1	3	0.38	0.19	0.11	-0.10	0.85	0.19	0.57
	ESPECIE 2	3	0.56	0.26	0.15	-0.09	1.21	0.28	0.80
	ESPECIE 3	3	0.85	0.36	0.21	-0.03	1.74	0.59	1.26
	ESPECIE 4	3	1.41	0.50	0.29	0.15	2.66	1.03	1.98
	ESPECIE 5	3	1.68	0.73	0.42	-0.14	3.50	1.07	2.49
	ESPECIE 6	3	2.15	1.01	0.58	-0.35	4.65	1.12	3.13

Descriptivos

Metal/ Especie	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
Zn	ESPECIE 1	3	0.95	1.08	0.62	-1.73	3.64	0.27	2.20
	ESPECIE 2	3	0.38	0.32	0.18	-0.41	1.17	0.08	0.71
	ESPECIE 3	3	0.58	0.23	0.13	0.00	1.16	0.32	0.77
	ESPECIE 4	3	0.69	0.58	0.33	-0.74	2.13	0.23	1.34
	ESPECIE 5	3	2.84	3.89	2.24	-6.81	12.50	0.32	7.32
	ESPECIE 6	3	1.36	0.86	0.50	-0.77	3.49	0.83	2.35

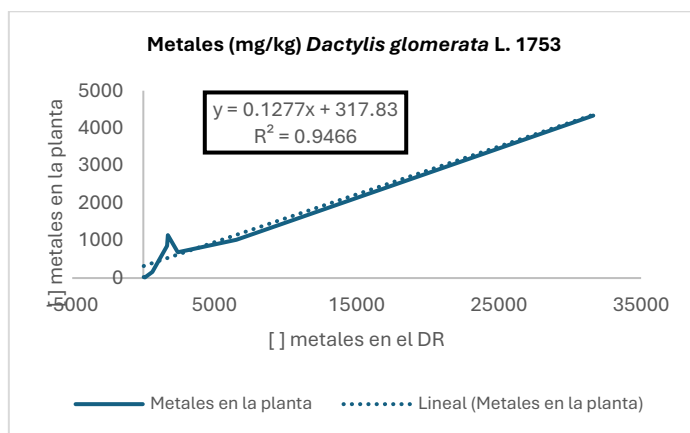
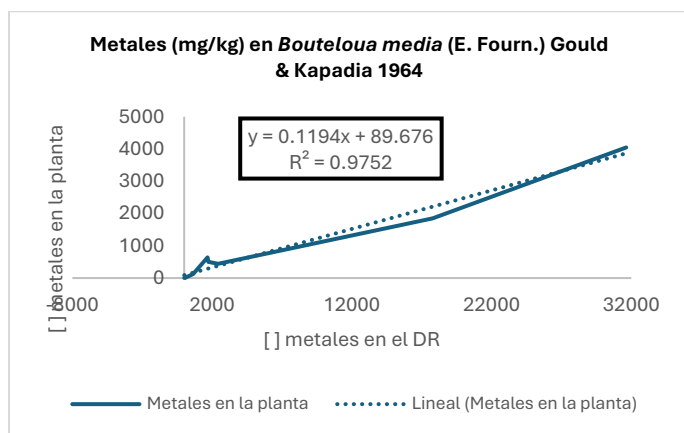
Pruebas de normalidad				
FT		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Ag	ESPECIE 1	0.89	3.00	0.34
	ESPECIE 3	0.95	3.00	0.59
Al	ESPECIE 1	0.81	3.00	0.14
	ESPECIE 3	0.96	3.00	0.59
	ESPECIE 4	0.96	3.00	0.61
	ESPECIE 5	0.78	3.00	0.06
As	ESPECIE 1	0.79	3.00	0.09
	ESPECIE 2	0.97	3.00	0.69
	ESPECIE 3	0.99	3.00	0.83
	ESPECIE 4	1.00	3.00	0.92
	ESPECIE 6	0.98	3.00	0.76
Ba	ESPECIE 1	0.99	3.00	0.86
	ESPECIE 2	0.82	3.00	0.16
	ESPECIE 3	0.98	3.00	0.75
	ESPECIE 4	0.98	3.00	0.76
	ESPECIE 5	0.77	3.00	0.052
	ESPECIE 6	0.84	3.00	0.22
Cd	ESPECIE 3	0.86	3.00	0.27
	ESPECIE 4	0.88	3.00	0.33
	ESPECIE 5	1.00	3.00	0.95
Cr	ESPECIE 6	0.78	3.00	0.07
	ESPECIE 1	0.91	3.00	0.42
	ESPECIE 3	0.97	3.00	0.65
Cu	ESPECIE 5	0.77	3.00	0.052
	ESPECIE 1	0.77	3.00	0.055
	ESPECIE 2	1.00	3.00	0.94
	ESPECIE 3	0.87	3.00	0.30
	ESPECIE 4	0.99	3.00	0.82
	ESPECIE 5	0.93	3.00	0.47
	ESPECIE 6	0.89	3.00	0.34

Pruebas de normalidad				
FT		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Fe	ESPECIE 1	0.79	3.00	0.10
	ESPECIE 2	0.96	3.00	0.62
	ESPECIE 3	0.99	3.00	0.81
	ESPECIE 4	0.82	3.00	0.15
	ESPECIE 5	0.78	3.00	0.07
	ESPECIE 6	0.81	3.00	0.13
Mg	ESPECIE 1	0.96	3.00	0.60
	ESPECIE 2	0.99	3.00	0.77
	ESPECIE 3	0.88	3.00	0.34
	ESPECIE 4	1.00	3.00	0.90
	ESPECIE 5	0.85	3.00	0.25
	ESPECIE 6	0.94	3.00	0.55
Mn	ESPECIE 1	0.96	3.00	0.62
	ESPECIE 2	0.78	3.00	0.07
	ESPECIE 3	0.96	3.00	0.62
	ESPECIE 4	0.89	3.00	0.34
	ESPECIE 5	0.81	3.00	0.13
	ESPECIE 6	0.89	3.00	0.35
Pb	ESPECIE 3	0.92	3.00	0.46
Sr	ESPECIE 1	1.00	3.00	0.94
	ESPECIE 2	0.99	3.00	0.79
	ESPECIE 3	0.88	3.00	0.32
	ESPECIE 4	0.89	3.00	0.34
	ESPECIE 5	0.94	3.00	0.54
	ESPECIE 6	1.00	3.00	0.92
Zn	ESPECIE 1	0.80	3.00	0.11
	ESPECIE 2	0.99	3.00	0.85
	ESPECIE 3	0.93	3.00	0.50
	ESPECIE 4	0.92	3.00	0.47
	ESPECIE 5	0.81	3.00	0.14
	ESPECIE 6	0.78	3.00	0.08

ANOVA

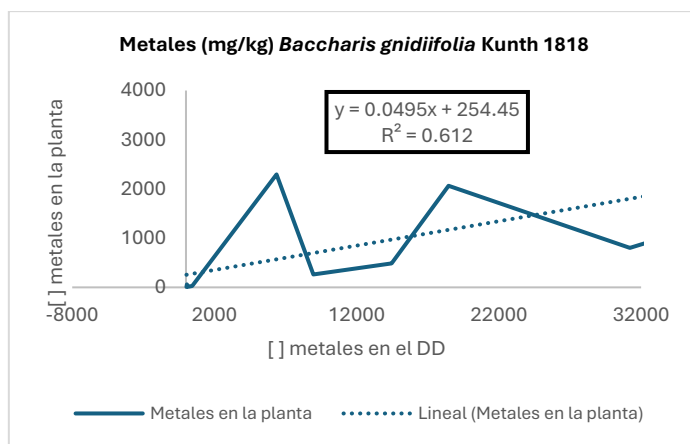
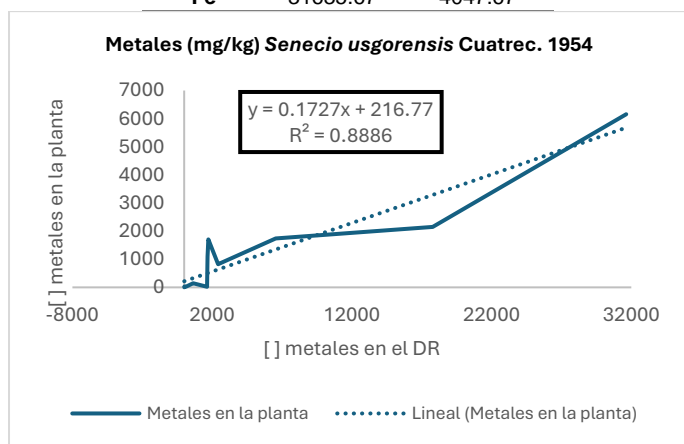
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ag	Entre grupos	0.00	1.00	0.00	0.00	0.99
	Dentro de grupos	2.01	4.00	0.50		
	Total	2.01	5.00			
Al	Entre grupos	21.21	3.00	7.07	1.24	0.36
	Dentro de grupos	45.64	8.00	5.70		
	Total	66.85	11.00			
As	Entre grupos	0.57	4.00	0.14	1.25	0.35
	Dentro de grupos	1.14	10.00	0.11		
	Total	1.71	14.00			
B	Entre grupos	4.24	5.00	0.85	6.82	0.00
	Dentro de grupos	1.49	12.00	0.12		
	Total	5.73	17.00			
Ba	Entre grupos	3.06	5.00	0.61	2.56	0.08
	Dentro de grupos	2.86	12.00	0.24		
	Total	5.92	17.00			
Cd	Entre grupos	2.22	3.00	0.74	1.81	0.22
	Dentro de grupos	3.28	8.00	0.41		
	Total	5.50	11.00			
Cr	Entre grupos	2.94	2.00	1.47	0.81	0.49
	Dentro de grupos	10.89	6.00	1.82		
	Total	13.83	8.00			
Cu	Entre grupos	3.73	5.00	0.75	2.73	0.07
	Dentro de grupos	3.28	12.00	0.27		
	Total	7.01	17.00			
Fe	Entre grupos	57.56	5.00	11.51	1.14	0.39
	Dentro de grupos	121.52	12.00	10.13		
	Total	179.09	17.00			
Mg	Entre grupos	2.18	5.00	0.44	0.52	0.76
	Dentro de grupos	10.04	12.00	0.84		
	Total	12.21	17.00			
Mn	Entre grupos	14.84	5.00	2.97	1.00	0.46
	Dentro de grupos	35.61	12.00	2.97		
	Total	50.45	17.00			
Sr	Entre grupos	7.15	5.00	1.43	4.22	0.02
	Dentro de grupos	4.06	12.00	0.34		
	Total	11.21	17.00			
Zn	Entre grupos	12.23	5.00	2.45	0.84	0.55
	Dentro de grupos	35.01	12.00	2.92		
	Total	47.25	17.00			

Anexo 6.4. Correlación de Pearson entre la concentración de metales en los depósitos y los metales acumulados por las plantas



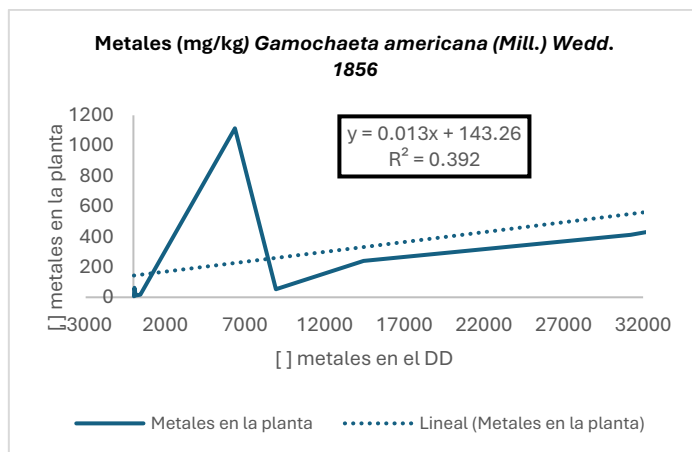
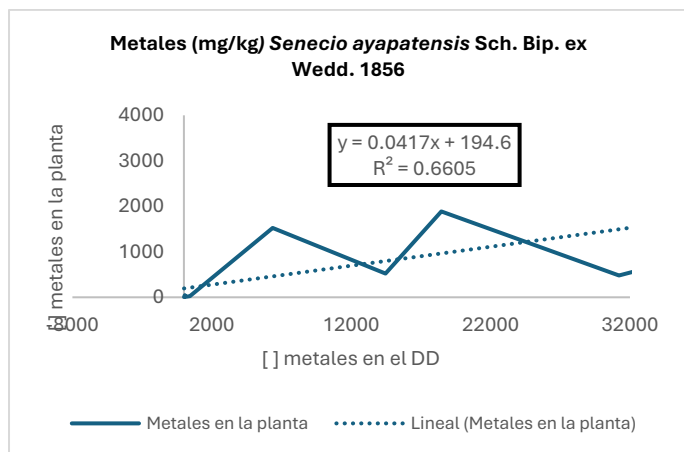
METAL	Metales en el DR	Metales en la planta
Cr	4.93	4.67
Ag	12.53	2.30
Sr	24.53	11.03
Ba	111.33	14.33
Cu	639.37	124.57
Mn	1666.33	641.00
Zn	1723.67	499.43
Mg	2427.33	440.67
As	6545.00	821.33
Al	17780.33	1849.67
Fe	31635.67	4047.67

METAL	Metales en el DR	Metales en la planta
Sr	24.53	26.43
Ba	111.33	18.00
Cu	639.37	161.87
Mn	1666.33	858.67
Zn	1723.67	1146.70
Mg	2427.33	689.33
As	6545.00	1023.67
Fe	31635.67	4335.67



METAL	Metales en el DR	Metales en la planta
Cr	4.93	4.00
Ag	12.53	4.70
Cd	18.68	12.33
Sr	24.53	31.63
Ba	111.33	20.33
Cu	639.37	146.93
Pb	1635.07	18.33
Mn	1666.33	1096.00
Zn	1723.67	1704.87
Mg	2427.33	824.00
As	6545.00	1737.67
Al	17780.33	2151.67
Fe	31635.67	6156.67

METAL	Metales en el DD	Metales en la planta
Ba	31.67	9.00
Sr	66.93	60.93
Cd	145.03	13.00
Cu	435.87	28.97
Mg	6369.33	2295.67
As	8949.83	262.67
Mn	14455.67	486.67
Al	18462.33	2066.00
Zn	31214.93	802.70
Fe	62551.00	3588.00



METAL	Metales en el DD	Metales en la planta
Cr	6.13	5.33
Ba	31.67	20.33
Sr	66.93	48.20
Cd	145.03	12.00
Cu	435.87	26.60
Mg	6369.33	1525.00
Mn	14455.67	521.00
Al	18462.33	1888.00
Zn	31214.93	479.43
Fe	62551.00	2992.00

METAL	Metales en el DD	Metales en la planta
Ba	31.67	6.67
Sr	66.93	62.97
Cd	145.03	11.67
Cu	435.87	17.30
Mg	6369.33	1114.33
As	8949.83	53.00
Mn	14455.67	240.33
Zn	31214.93	412.53
Fe	62551.00	987.33

Anexo 6.5. Estadísticos descriptivos y Pruebas de Normalidad en la altura y peso de las plantas

Descriptivos									
		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
ALTURA	ESPECIE 1	3	1.70	0.06	0.03	1.57	1.84	1.65	1.76
	ESPECIE 2	3	1.06	0.14	0.08	0.72	1.41	0.92	1.20
	ESPECIE 3	3	1.07	0.36	0.21	0.18	1.95	0.73	1.44
	ESPECIE 4	3	1.32	0.48	0.28	0.13	2.51	1.01	1.87
	ESPECIE 5	3	1.10	0.24	0.14	0.49	1.70	0.88	1.36
	ESPECIE 6	3	1.17	0.12	0.07	0.87	1.47	1.04	1.28
PESO	ESPECIE 1	3	1.83	0.63	0.36	0.27	3.40	1.25	2.50
	ESPECIE 2	3	0.85	0.33	0.19	0.04	1.66	0.55	1.20
	ESPECIE 3	3	0.55	0.41	0.24	-0.47	1.57	0.10	0.90
	ESPECIE 4	3	0.41	0.08	0.05	0.21	0.61	0.35	0.50
	ESPECIE 5	3	0.19	0.05	0.03	0.07	0.32	0.15	0.25
	ESPECIE 6	3	0.15	0.05	0.03	0.03	0.27	0.10	0.20

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk								
ESPECIE		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico		gl	Sig.
ALTURA	ESPECIE 1	1.00	3	0.90	PESO	0.99	3	0.78
	ESPECIE 2	1.00	3	0.92		0.98	3	0.75
	ESPECIE 3	0.99	3	0.83		0.96	3	0.59
	ESPECIE 4	0.81	3	0.14		0.89	3	0.36
	ESPECIE 5	0.97	3	0.68		0.95	3	0.57
	ESPECIE 6	0.98	3	0.73		1.00	3	1.00

ANEXO 7. Autorización de uso de información de Compañía Minera Lincuna S.A.



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Wilmer Alexander Vásquez Cerna, identificado con DNI 40584868, en mi calidad de Superintendente de Medio Ambiente del área de Medio Ambiente de la Compañía Minera Lincuna S.A. con R.U.C N°20458538701, ubicada en San Isidro, departamento de Lima.

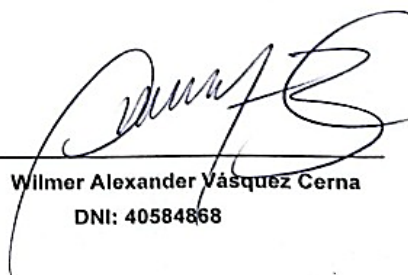
OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor (a) Tatiana Graciela Depaz Reyes, identificado con DNI N°76424283, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, para que utilice información de la empresa respecto a monitoreos de plantas y suelo en el desarrollo su proyecto de tesis "COMPORTAMIENTO DE PLANTAS ALTOANDINAS ADAPTADAS A DEPÓSITOS DE RELAVES Y DESMONTES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA, U.E.A. HUANCAPETÍ – ANCASH, 2024", con la finalidad de obtener el Título Profesional.

La Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Proyecto de Tesis son auténticos.



Tatiana Graciela Depaz Reyes
DNI: 76424283



Wilmer Alexander Vásquez Cerna
DNI: 40584868

ANEXO 8. Autorización de colecta de especies vegetales – SERFOR



SERFOR
Firmado digitalmente por CARRILLO VARGAS Hugo Edgar FAU 20562836927 soft
Cargo: Administrador Técnico Fit Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16 05 2024 09:37:49 -05:00

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Huaraz, 16 de Mayo del 2024

RA N° D000051-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-ANCASH

VISTO:

Solicitud de Autorización con fines de investigación científica fuera de áreas naturales presentada por **Tatiana Graciela Depaz Reyes**, identificado con DNI N°76424283 de fecha 27 de marzo de 2024; Informe N° 0010-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS ANCASH-MAG, de fecha de fecha 01 de mayo de 2020; y

CONSIDERANDO:

Que, por Ley N° 29763 Ley Forestal y de Fauna Silvestre crea el Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (SINAFOR); asimismo, crea el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) como autoridad nacional forestal y de fauna silvestre y ente rector del sistema, El Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI modifica el Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del SERFOR, cuya PRIMERA DISPOSICION COMPLEMENTARIA TRANSITORIA establece que las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre se incorporan al SERFOR como Órganos desconcentrados de actuación local, estableciendo entre otras funciones las de: "a) actuar en primera instancia en la gestión y administración de los recursos forestales y de fauna silvestre, dentro del ámbito territorial de su competencia. (...) s) las demás que le asigne la Dirección Ejecutiva del SERFOR";

Que, el Artículo 66° de la Constitución Política del Perú, establece que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento; asimismo, en su Artículo 68° establece que es obligación del Estado promover la conservación de la diversidad biológica;

Que, la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, establece en su Artículo 9°, referido a la investigación científica, que el Estado promueve la investigación científica y tecnológica sobre la diversidad, calidad, composición, potencialidad y gestión de los recursos naturales. Asimismo, promueve la información y el conocimiento sobre los recursos naturales; con cuyo fin el Estado establece los permisos sobre los recursos materia de investigación;

Que, el Artículo 137° de la Ley 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre declara de interés nacional la investigación, el desarrollo tecnológico, la mejora del conocimiento y el monitoreo del estado de la conservación del patrimonio forestal y de fauna silvestre, el mismo que se realice a través de entidades educativas de investigación o mediante iniciativas privadas, igualmente promueve la difusión de los resultados de la investigación; por Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI se aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal, que prevé que la investigación científica del patrimonio se aprueba mediante autorizaciones, salvaguardando los derechos del país respecto a su patrimonio genético, estableciendo además los requisitos, y demos consideraciones para su otorgamiento, de acuerdo a los lineamientos aprobados por el SERFOR;

Que, por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR-DE se aprueba los "Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre", con la finalidad de dinamizar el procedimiento y generar información científica que contribuya al conocimiento de la biodiversidad y sus componentes, su conservación, manejo y uso, sostenible; la investigación científica podrá ser con o sin acceso a los recursos genéticos y fuera de las Áreas Naturales Protegidas; el literal "a." del numeral 5.3.2 establece que: "a. La ARFFS conduce el procedimiento y, de ser el caso, otorga autorización en los casos que la investigación: i) Implice la utilización de métodos directos e indirectos para especies no categorizadas como amenazadas. ii) Involucre especies no listadas en los Apéndices de la CITES. iii) No implique el acceso a los recursos genéticos o sus productos derivados, iv) implique solo el ámbito geográfico regional de la ARFFS." y, conforme a lo ordenado mediante MEMORANDUM N° 0286-2019-MINAGRI-SERFOR-DGGSPPFS/DGSPFF, se precede a la emisión de la presente autorización;

Firmado digitalmente por
OBREGON URBALDO Boris Elias
FAU 20562836927 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16 05 2024 09:11:08 -05:00

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: NZRA6UN



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Que, mediante solicitud de fecha 27 de marzo de 2024, la administrada **TATIANA GRACIELA DEPAZ REYES** solicita que se le otorgue Autorización para realizar investigación científica fuera de las Áreas Naturales Protegidas, con colecta temporal de flora silvestre, en los distrito de Aija (Zona 18, 218978 E, 8919299 S) y Recuay (Zona 18, 222388 E, 8921003 S), como parte del Proyecto "COMPORTAMIENTO DE PLANTAS ALTO ANDINAS ADAPTADAS A DEPOSITOS DE RELAVES Y DESMONTES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA, U.E.A HUANCAPETI - ANCASH, 2024" habiendo establecido como plazo para la investigación, en el periodo comprendido de 12 meses, con cuyo fin adjunta los requisitos exigidos por el numeral 9 del ANEXO del Reglamento para la Gestión Forestal aprobado por Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI y el numeral 6.6 de los Lineamientos;

Que, para los fines del procedimiento, se procede a verificar el cumplimiento de las condiciones para el otorgamiento de la autorización, conforme aparece de las impresiones que obran en autos, con resultado positivo, por lo que resulta procedente la evaluación de la solicitud;

Que, mediante Informe N° 0010-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS ANCASH-MAG, de fecha de fecha 01 de mayo de 2020, se concluye que:

- El administrado cumplió con presentar los documentos requisitos establecidos en el lineamiento para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre, aprobado mediante RDE N°060-2016-SERFOR-DE.
- La solicitud de autorización con fines de investigación científica de flora silvestre, fuera de áreas naturales protegidas, tiene como objetivo principal es determinar el comportamiento de plantas altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes de la compañía minera Lincuna, U.E.A. Huancapeti – Ancash.
- Se recomienda a la ATFFS Ancash, aprobar la autorización de investigación científica de flora silvestre solicitada por Tatiana Graciela Depaz Reyes, fuera de áreas naturales protegidas, como parte del proyecto "Comportamiento de plantas altoandinas adaptadas a depósitos de relaves y desmontes de la compañía minera Lincuna, U.E.A- Huancapeti – Ancash, 2024".
- Si como resultado de la investigación propuesta se encontraran especies que no contempla el proyecto, el administrado deberá depositar en Instituciones Científicas Nacionales registradas ante el SERFOR.
- Asignar el código de autorización correspondiente para la realización de la investigación científica en flora silvestre, fuera de áreas naturales protegidas.
- Establecer en la Resolución Administrativa que autorice la colecta de 06 ejemplares de acuerdo con la solicitud presentada.

Que, conforme aparece del Plan de Investigación y lo opinado en el informe técnico, la investigación se realizara en dos puntos se encuentran dentro de la Concesión Minera Lincuna, U.E.A. Huancapeti – Ancash;

1	Depósito de desmonte	Aija	Aija	Ancash	Zona 18, 218978 E, 8919299 S
2	Depósito de relaves	Recuay	Recuay	Ancash	Zona 18, 222388 E, 8921003 S

Que, Carta de presentación de fecha 27 de marzo de 2024 del Decano de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo presenta a esta Administración a la solicitante **TATIANA GRACIELA DEPAZ REYES**, a fin de que se le otorgue la respectiva autorización de investigación;

Que, del análisis sobre la procedencia del otorgamiento de la presente autorización a favor de la administrada **TATIANA GRACIELA DEPAZ REYES**, considerando la evaluación técnica realizada al expediente, mediante el Informe N° 0010-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS ANCASH-MAG, para el desarrollo de la investigación, conforme al cronograma de trabajo presentado por la solicitante o la que pueda realizar la modificación previo comunicación con esta administración, quien deberá cumplir en estricto las obligaciones que establece la Ley, el Reglamento y los Lineamientos, sin perjuicio de las señaladas en la parte resolutive de la presente resolución. El Plan de Investigación forma parte integrante de la presente resolución, se concluye que es procedente otorgar la autorización a favor de la administrada;

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: **NZRA6UN**



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Que, la presente autorización implica el cumplimiento de obligaciones establecidas por el Artículo 136° del Reglamento y los Lineamientos, caso contrario constituye infracción, por lo que se podía aplicar las sanciones a que hace referencia el Artículo 207° del Reglamento, así como las sanciones accesorias a que hubiere lugar;

Que, la presente autorización ha sido tramitada en concordancia con las normas legales vigentes y los procedimientos establecidos para tal fin; en tal sentido, conforme a lo dispuesto por el Artículo IV - numeral 1.16 del Título Preliminar, 34° y 49° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444 Ley del Procedimiento Administrativo General aprobado por Decreto Supremo N°004-2019-JUS; esta Administración se reserva el derecho de fiscalización posterior en relación a la documentación ofrecida en el presente Procedimiento Administrativo;

Que, de conformidad a lo dispuesto en la Ley N° 29763 - Ley Forestal y de Fauna Silvestre, el Reglamento para la Gestión Forestal aprobado con D.S. N° 018-2015-MINAGRI; la Ley N° 27444 - Ley del Procedimiento Administrativo General; la Resolución de Dirección Ejecutiva N°017-2015-SERFOR-DE; la Resolución Ministerial N° 0424-2014-MINAGRI que da por concluido el proceso de transferencia de la DGFFS del Ministerio de Agricultura y Riego al SERFOR, el Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI que Aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, modificado mediante Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI, en el cual incorpora a las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre como órganos desconcentrados de actuación local del SERFOR;

SE RESUELVE:

Artículo 1°. OTORGAR, AUTORIZACION N° 02-ANC-AUT-IFL-2024-001 con fines de investigación científica de flora silvestre, a la administrada Tatiana Graciela Depaz Reyes, identificada con DNI N° 76424283 quien han sido presentada por el Decano de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, el Plan de investigación forma parte integrante de la presente resolución.

Artículo 2°.- La autorización otorgada por el artículo precedente, permite el desarrollo de la investigación titulada "COMPORTAMIENTO DE PLANTAS ALTO ANDINAS ADAPTADAS A DEPOSITOS DE RELAVES Y DESMONTES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA. U.E.A HUANCAPETI – ANCASH, 2024".

Artículo 3°.- la presente autorización incluye colecta de:

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Tipo de Muestra	cantidad	Colecta	Finalidad de la Colecta
Poaceae	Especie 1	---	Ejemplar entero	5	colecta	Determinación taxonómica y análisis de metales
Poaceae	Especie 2		Ejemplar entero	5	colecta	Determinación taxonómica y análisis de metales
Asteraceae	Especie 3		Ejemplar entero	5	colecta	Determinación taxonómica y análisis de metales
Asteraceae	Especie 4		Ejemplar entero	5	colecta	Determinación taxonómica y análisis de metales
Asteraceae	Especie 5		Ejemplar entero	5	colecta	Determinación taxonómica y análisis de metales
Asteraceae	Especie 6		Ejemplar entero	5	colecta	Determinación taxonómica y análisis de metales

Las muestras se coleccionarán por el periodo entre la emisión el vencimiento de la misma (12 meses).

Artículo 3°.- El titular de la Autorización para actividades de investigación de flora silvestre genera las siguientes obligaciones:

- No extraer especímenes, ni muestras biológicas de flora silvestre no autorizada.
- No ceder el material colectado a terceros, ni utilizado para fines distintos a lo autorizado.
- Entregar al SERFOR un informe final en idioma español, incluyendo una versión digital, como resultado de la investigación autorizada, así como copia de las publicaciones realizadas en las cual se indicará expresamente el Código de Autorización. El plazo para la entrega del informe no deberá exceder los seis meses (06) al vencimiento de la presente autorización.
- Depositar el material colectado en una institución científica nacional depositaria de material biológico y entregar al SERFOR la constancia de dicho depósito. En casos debidamente justificados, y siempre que el material colectado no constituya holotipos ni ejemplares Únicos, el depósito se puede realizar en una institución distinta a la mencionada; para ello se requiere la autorización del SERFOR.

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: NZRA6UN



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

- Si por razones científicas, se requiere enviar al extranjero parte del material colectado el interesado deberá gestionar el correspondiente Permiso para la Exportación ante el SERFOR, así como pasar el control respectivo.
- El informe final deberá contener una lista de las coordenadas en formato-UTM (Datum., WGS84), de los lugares en que se hubiere realizado la colecta de las especies;

Artículo 4°.- EXHORTAR al titular de la presente autorización, cumplir en estricto con las disposiciones legales en materia forestal y de fauna silvestre, caso contrario se procederá a instaurar procedimiento administrativo sancionador.

Artículo 5°.- La Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre se **RESERVA** el derecho de fiscalización posterior respecto de la información documental proporcionada por el administrado en el presente procedimiento administrativo.

Artículo 6°.- Transcribese copia de la presente resolución, a la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre, para los fines de ley.

Artículo 7°.- NOTIFIQUESE con la presente resolución a la administrada Tatiana Graciela Depaz Reyes con domicilio en el Jiron Cabana Pedregal Bajo MZ 5 Lte 9, del distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash y a la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE y CÚMPLASE

Documento Firmado Digitalmente
Ing. HUGO EDGAR CARRILLO VARGAS
Administrador Técnico Forestal y de Fauna Silvestre – Ancash
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre SERFOR

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: **NZRA6UN**