



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“CAPACIDAD FITORREMIADORA DE LAS ESPECIES DE FLORA HERBÁCEA SILVESTRE CON MAYOR VALOR DE IMPORTANCIA EN LA ZONA DE PASIVOS MINEROS EL SINCHAO, DISTRITO DE CHUGUR, PROVINCIA DE HUALGAYOC, CAJAMARCA – PERÚ 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Nancy Karina Dávila Mego
Bach. Lorena Chabeli Walter Villegas

Asesor:

MSc Ing. Manuel Roberto Roncal Rabanal

Cajamarca – Perú
2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Nancy Karina Dávila Mego y Lorena Chabeli Walter Villegas**, denominada:

**“CAPACIDAD FITORREMIADORA 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”**

MSc. Ing. Manuel Roberto Roncal Rabanal
ASESOR

Ing. Jorge Luis Salazar Ríos
JURADO
PRESIDENTE

MSc. Ing. Gladys Sandi Licapa Redolfo
JURADO

MCs. Ing. Sara Esther García Alva
JURADO

DEDICATORIA

Principalmente quiero agradecer a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de mi formación.

A mi madre Aidé por el amor y apoyo incondicional que me brinda, por infundirme siempre su gran ejemplo de perseverancia y constancia de salir adelante, por su paciencia y consejos, por enseñarme el camino de la vida y sobretodo por creer en mí y llevarme siempre en sus oraciones. A mi padre José por todo el amor que me ha dado, por haberme apoyado en todo momento, por haberme inculcado valores, por haberme brindado motivación constante la cual me ha permitido ser una persona de bien.

A mi hermano Lenin por ser el ejemplo de un hermano mayor, por enseñarme a luchar por mis sueños, por acompañarme en mis aciertos y ayudarme superar momentos difíciles; a mi hermano Stalin, quien me inculcó con su ejemplo el valor del estudio; a mi hermano Jeiner, quien estuvo conmigo en toda mi etapa de crecimiento tanto personal como profesional, por ser mi mejor amigo.

A mi tía Carolina y a mis padrinos Segundo y Sara, por haber sido mis mentores, por ser personas dignas de admirar y por haber estado siempre en los momentos más importantes de mi vida.

A mis amigos y demás familiares que estuvieron siempre brindándome su apoyo en todo momento, pero sobretodo a mi mejor amiga Lorena Chabeli Walter Villegas, por su amistad sincera, su comprensión y paciencia a lo largo de todo este camino de formación académica, este logro no hubiese sido posible sin la ayuda de ella.

Nancy Karina Dávila Mego

Primeramente agradezco a Dios por haberme permitido cumplir este objetivo en mi vida profesional, brindándome salud y bienestar. Gracias a él, por su infinita bondad y amor. Por llenarme de bendiciones y haber puesto en mi vida a personas maravillosas, que me ayudaron a llegar hasta este punto.

A mis padres Elsa y Segundo, porque gracias a ellos aprendí a ser perseverante y tener las fuerzas para afrontar todas las dificultades puestas en este largo camino que hoy llega a su fin, gracias a ellos por su constante apoyo, consejos y valores que inculcaron en mí para ser una persona de bien, pero sobre les doy gracias por su gran amor que fue mi soporte y mis ganas de seguir luchando día a día, para que se sintieran orgullosos de mí.

A mis hermanos Smyth y Brayan, por ser las personas que me impulsan a mejorar a diario, por sus abrazos tan reconfortantes y sus tiernas sonrisas, produciendo en mí querer ser el mejor ejemplo para ellos.

A mis amigos y familiares, quienes con palabras de aliento supieron ayudarme a superar todos los problemas, llenándome de paz y tranquilidad. A Alexander por haber estado conmigo en todo momento y siempre encontrar las palabras correctas para ayudarme a confiar en mí; Pero sobre todo agradezco a mi amiga y compañera de tesis Nancy Dávila, por haber sido la persona idónea para lograr esta meta tan añorada por ambas, donde compartimos bonitos momentos e implementamos nuestros conocimientos; y por haberme brindado su cariño y una amistad verdadera.

Lorena Walter Villegas

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento a Dios, por habernos concedido la gracia de terminar este trabajo de investigación, por la fuerza y coraje que nos ha brindado para hacer este sueño realidad y por guiar cada uno de nuestros pasos.

Agradecer también a nuestro director de carrera, Ing. Gary Christian Farfán Chilicaus, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo, por el respeto a nuestras sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida desde que llegamos a esta facultad, y habernos ofrecido su más sincera amistad.

De igual manera, agradecer a nuestro asesor, MSc. Ing. Manuel Roncal Rabanal por darnos de su valioso tiempo, brindarnos una acertada orientación, ayuda y discusión crítica a nuestro trabajo, factores que nos permitieron que el trabajo de investigación sea de muy buen aprovechamiento para la sociedad.

Al Blgo. Marco Sánchez Peña, gracias por su amabilidad, su tiempo, material facilitado e ideas para la realización de este trabajo de investigación, por su atención y orientación a nuestras consultas y sugerencias. Agradecerle por ser un excelente maestro y en estos cinco años haya sido el mejor apoyo para nosotras, agradecemos su gran aporte en este trabajo y su sincera amistad.

Al Ing. Luis Dávila Estela, por haber sido partícipe del desarrollo de esta tesis, por su tiempo y enseñanzas y haber compartido sus conocimientos con nosotras.

A nuestros familiares y amigos que siempre estuvieron apoyándonos y que confiaron en nosotros, gracias por su comprensión, por la estima recibida, sin la cual no hubiésemos tenido la fuerza y energía necesarias para crecer como personas y como profesionales de bien.

Nancy Dávila Mego
Lorena Walter Villegas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema.....	15
1.3. Justificación.....	15
1.4. Limitaciones	16
1.5. Objetivos	16
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	16
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	16
1.6. Área de Estudio.....	17
1.6.1. <i>Ubicación</i>	17
1.6.2. <i>Microcuenca de la Quebrada Río Colorado</i>	17
1.6.3. <i>Cobertura Vegetal</i>	17
1.6.4. <i>Paraje Sinchao</i>	18
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.2. Bases teóricas.....	24
2.2.1. <i>Contaminación</i>	24
2.2.2. <i>Minería</i>	27
2.2.3. <i>Contaminación en Chugur por Minería</i>	28
2.2.4. <i>Fitorremediación</i>	29
2.2.5. <i>Plantas hiperacumuladoras de metales pesados</i>	29
2.2.6. <i>Fitoextracción</i>	30
2.2.7. <i>Fitoestabilización</i>	30
2.2.8. <i>Factor de Bioconcentración</i>	31
2.2.9. <i>Factor de Traslocación</i>	32
3. Hipótesis	32
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	33
3.1. Operacionalización de variables.	33
3.2. Diseño de investigación	35
3.3. Unidad de estudio	35
3.4. Población	35
3.5. Muestra (muestreo o selección).....	35
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.	35
3.6.1. <i>Técnicas</i>	35
3.6.2. <i>Instrumentos</i>	39
3.6.3. <i>Procedimiento de Recolección de Datos</i>	39
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	41
3.7.1. <i>Métodos</i>	41
3.7.2. <i>Instrumentos</i>	42

3.7.3. Procedimiento de Análisis de Datos.....	42
CAPITULO 4. RESULTADOS	44
4.1. Inventario de Flora	44
4.2. Taxonomía de la flora herbácea silvestre	47
4.3. Índice de Valor de Importancia.....	51
4.4. Resultados de Análisis De Suelo	55
4.5. Resultados de Tejido Vegetal	55
4.6. Comparación de concentración de metales en suelos con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo	58
4.7. Comparación del suelo entre la zona Las Gradadas y pasivos mineros El Sinchao.....	59
4.8. Concentración de metales pesados de las cinco especies de flora herbácea silvestre pertenecientes a la zona del Sinchao y Las Gradadas.	61
4.8.1. Concentración de Aluminio.	61
4.8.2. Concentración de Arsénico.	62
4.8.3. Concentración de Cadmio.	63
4.8.4. Concentración de Cromo.	64
4.8.5. Concentración de Cobre.	65
4.8.6. Concentración de Hierro.	66
4.8.7. Concentración de Mercurio.	67
4.8.8. Concentración de Magnesio.	68
4.8.9. Concentración de Manganeso.	69
4.8.10. Concentración de Níquel.	70
4.8.11. Concentración de Plomo.....	71
4.8.12. Concentración de Antimonio.....	72
4.8.13. Concentración de Estaño.....	73
4.8.14. Concentración de Estroncio.....	74
4.8.15. Concentración de Zinc.	75
4.9. Correlación de las concentraciones de metales entre las especies de flora herbácea silvestre y el suelo.....	76
4.9.1. Zona Las Gradadas	76
4.9.2. Zona de pasivos mineros El Sinchao	77
4.2. Factor de Bioconcentración y Factor de Traslocación.....	78
4.2.1. Zona Las Gradadas	78
4.2.1. Zona de pasivos mineros El Sinchao	79
CAPITULO 5. DISCUSIÓN	80
RECOMENDACIONES	85
CONCLUSIONES.....	86
REFERENCIAS.....	87
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Operacionalización de variables</i>	33
<i>Tabla 2: Coordenadas de la Zona de estudio El Sinchao</i>	36
<i>Tabla 3: Coordenadas de las parcelas de la zona de estudio El Sinchao</i>	37
<i>Tabla 4: Total de especies por parcela</i>	44
<i>Tabla 5: Taxonomía de flora herbácea silvestre</i>	48
<i>Tabla 6: Especies de flora herbácea silvestre con mayor Valor de Importancia</i>	51
<i>Tabla 7: Concentración de metales en suelos. Las Gradadas y El Sinchao</i>	55
<i>Tabla 8: Concentración de metales en Suelo no Contaminado - Las Gradadas</i>	56
<i>Tabla 9: Concentración de metales en Suelo Contaminado - El Sinchao</i>	57
<i>Tabla 10: Valores de BCF y TF de la zona Las Gradadas</i>	78
<i>Tabla 11: Valores de BCF y TF</i>	79
<i>Tabla 12: Densidad Total de las especies de flora herbácea silvestre</i>	105
<i>Tabla 13: Densidad Relativa de las especies de flora herbácea silvestre</i>	105
<i>Tabla 14: Densidad de las especies de flora herbácea silvestre</i>	107
<i>Tabla 15: Densidad de las especies de flora herbácea silvestre</i>	109
<i>Tabla 16: Frecuencia relativa de las especies de flora herbácea silvestre</i>	111
<i>Tabla 17: Promedio de Dominancia de las especies de flora herbácea silvestre</i>	113
<i>Tabla 18: Dominancia de las especies de flora herbácea silvestre</i>	115
<i>Tabla 19: Índice de Valor de Importancia de las especies de flora herbácea Silvestre</i>	117

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Índice de Valor de Importancia de las especies de flora herbácea silvestre	54
Gráfico 2: Comparación de la concentración de metales en Suelo no Contaminado - Las Gradadas con los Estándares de Calidad Ambiental.....	58
Gráfico 3: Comparación de la concentración de metales en Suelo Contaminado - El Sinchao con los Estándares de Calidad Ambiental.....	58
Gráfico 4: Comparación de los metales Al, Cu, Pb y As en Suelos no Contaminados y Suelos Contaminados	59
Gráfico 5: Comparación de los metales Cd, Cr, Hg, Sb, Sn, Sr y Tl en Suelos no Contaminados y Suelos Contaminados.....	59
Gráfico 6: Comparación de los metales Mg, Mn y Zn en Suelos no Contaminados y Suelos Contaminados	60
Gráfico 7: Comparación del metal Fe en Suelos no Contaminados y Suelos Contaminados.....	60
Gráfico 8: Concentración de Aluminio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre	61
Gráfico 9: Concentración de Arsénico (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	62
Gráfico 10: Concentración de Cadmio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	63
Gráfico 11: Concentración de Cromo (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	64
Gráfico 12: Concentración de Cobre (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	65
Gráfico 13: Concentración de Hierro (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	66
Gráfico 14: Concentración de Mercurio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	67
Gráfico 15: Concentración de Magnesio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	68
Gráfico 16: Concentración de Manganeso (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	69
Gráfico 17: Concentración de Níquel (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	70
Gráfico 18: Concentración de Plomo (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	71
Gráfico 19: Concentración de Antimonio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	72
Gráfico 20: Concentración de Estaño (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	73
Gráfico 21: Concentración de Estroncio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	74
Gráfico 22: Concentración de Zinc (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.....	75
Gráfico 23: Correlación entre el suelo no contaminado (Las Gradadas) y las especies de flora herbácea silvestre.....	76
Gráfico 24: Correlación entre el suelo contaminado (El Sinchao) y las especies de flora herbácea silvestre.....	77

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANA	:	Autoridad Nacional del Agua
BCF	:	Factor de Bioconcentración
TF	:	Factor de Traslocación
FONAM	:	Fondo Nacional del Ambiente
ICP	:	Inductively Coupled Plasma
RM	:	Relave de Mina
IT	:	Índice de Tolerancia
DAM	:	Drenaje Ácido de Mina
SEGEMAR	:	Servicio Geológico Minero Argentino
GRC	:	Gobierno Regional de Cajamarca
GRUFIDES	:	Grupo de Formación e Intervención para el Desarrollo Sostenible
MINAM	:	Ministerio del Ambiente
UTM	:	Universal Transverse Mercator
MF	:	Nivel de Fondo
INACAL	:	Instituto Nacional de Calidad
EPA	:	Environmental Protection Agency
SAG	:	Servicios Analíticos Generales
ECA	:	Estándar de Calidad Ambiental
IVI	:	Índice de Valor de Importancia
SN	:	Suelo Contaminado
SNC	:	Suelo No Contaminado

RESUMEN

Se determinaron las especies de flora herbácea silvestre con capacidad fitorremediadora originarias de la zona de pasivos mineros el Sinchao, ubicado en el distrito de Chugur, Provincia de Hualgayoc, donde se realizaron los análisis en las especies *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y *Juncus conglomeratus* seleccionadas por su alto valor de importancia en la zona, posteriormente mediante el coeficiente de correlación de Pearson se logró determinar la relación entre la concentración de metales en el suelo y las plantas. Asimismo, se calculó el Factor de Traslocación y Factor de Bioconcentración, lo que permitió indicar si la planta es fitoestabilizadora o fitoextractora de Aluminio, Arsénico, Plomo, Cromo, Cobre, Cadmio, Magnesio, Manganeseo, Zinc, Estroncio, Antimonio, Talio, Hierro, Mercurio, Níquel y Estaño. Por otro lado se obtuvo una base de datos de la zona Las Gardas, la cual contribuyó como referencia para comparar la acumulación de las plantas tanto en una zona con pasivos y otra zona sin alteraciones. En la investigación se identificó que la especie *Paspalum bonplandianum*, acumula la mayor cantidad de metales pesados (mg/kg), como el Aluminio (2844.6), Mercurio (0.3), Antimonio (13), Estaño (1.4), Zinc (760.2), Cromo (3.86) y Níquel (3.59). Asimismo, la concentración de metales pesados se da en la parte de la raíz de todas las especies, a excepción de la *Lachemilla orbiculata* donde se observó que es en el tallo. Finalmente, mediante los TF y BCF se estableció que la especie *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y el *Juncus conglomeratus* serían especies fitoextractoras de Mg y Mn; igualmente, *Lachemilla orbicula* también sería fitoextractora del Sr y el Zn. Por otro lado *Calamagrostis tarmensis* se podría aplicar en técnicas de fitoestabilización para el Ti, así como *Paspalum bonplandianum* para el Sb, Zn y Cr, la especie *Carex pichinchensis* para Zn, la especie *Lachemilla orbiculada* para el Cd y Mn y finalmente el *Juncus conglomeratus* para el Cd, Cr y Zn.

Palabras Clave: Fitorremediación, valor de importancia, Factor de Traslocación, Factor de Bioconcentración, fitoestabilización y fitoextracción

ABSTRACT

The species of wild herbaceous flora with phytoremediation capacity originating in the Sinchao mining passive area, located in the district of Chugur, Province of Hualgayoc, where the analyzes were carried out on the species *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla*, were determined. *Orbiculata* and *Juncus conglomeratus* selected for their high value of importance in the area, later using the Pearson correlation coefficient was able to determine the relationship between the concentration of metals in the soil and plants. Likewise, the Translocation Factor and Bioconcentration Factor were calculated, which allowed to indicate whether the plant is phytostabilizing or phytoextracting of Aluminum, Arsenic, Lead, Chromium, Copper, Cadmium, Magnesium, Manganese, Zinc, Strontium, Antimony, Thallium, Iron, Mercury, Nickel and Tin. On the other hand, a database was obtained from the Las Gradadas area, which contributed as a reference to compare the accumulation of the plants both in one zone with liabilities and another zone without alterations. In the research it was identified that the species *Paspalum bonplandianum*, accumulates the highest amount of heavy metals (mg / kg), such as Aluminum (2844.6), Mercury (0.3), Antimony (13), Tin (1.4), Zinc (760.2), Chromium (3.86) and Nickel (3.59). Also, the concentration of heavy metals occurs in the root part of all species, except for the *Lachemilla orbiculata* where it was observed to be in the stem. Finally, through TF and BCF it was established that the species *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* and *Juncus conglomeratus* would be phytoextractant species of Mg and Mn; likewise, *Lachemilla orbicula* would also be a phytoextractor of Sr and Zn. On the other hand *Calamagrostis tarmensis* could be applied in phytostabilization techniques for Ti, as well as *Paspalum bonplandianum* for Sb, Zn and Cr, the species *Carex pichinchensis* for Zn, the species *Lachemilla orbiculada* for Cd and Mn and finally the *Juncus conglomeratus* for the Cd, Cr and Zn.

Keywords: Phytoremediation, importance value, translocation factor, bioconcentration factor, phytostabilization and phytoextraction

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El interés de los pueblos hacia las minas data de tiempos muy remotos. Desde la antigüedad los gobiernos o representantes de los pueblos mantuvieron una estrecha relación con todos los posibles recursos naturales o fuentes de riqueza. (Durán, 2 003).

La minería metálica se ha practicado desde tiempos ancestrales, Durán (2 010) en su Tesis: "Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana " citando a (Williamson et al., 1 982) refiere que el desarrollo y el mejoramiento de la maquinaria y de los métodos han dado como resultado explotaciones a gran escala, pero esto ha conllevado de manera importante a la pérdida de los ecosistemas, por la elevada emisión de componentes tóxicos al ambiente generando contaminación en agua, suelo, aire, plantas y otros.

La minería es una actividad relacionada con el quehacer humano y es presentada como un prototipo de riqueza cuya finalidad es mejorar la calidad de vida; sin embargo, tras el "marketing" de la misma, se esconden sus terribles consecuencias ambientales y sociales causando que olvidemos vivir en armonía con los ecosistemas. Como lo menciona Amstrong R. y Menon, (s.f.) El impacto de la minería sobre el medio ambiente puede ser considerable y tener consecuencias a largo plazo. Hay muchos ejemplos de buenas y malas prácticas en la gestión y rehabilitación de áreas mineras. El efecto ambiental de las prácticas mineras es una cuestión cada vez más importante para la industria y sus trabajadores. Es por ello que las empresas mineras deben de cumplir con los reglamentos establecidos, para tratar de mitigar y minimizar los problemas ambientales.

Existen varios estudios que abordan la temática de contaminación del suelo y por ende de la comunidad vegetativa como consecuencia de las actividades antropogénicas tal como lo mencionan C. Reyes et al. (2 016) citando a Singh et al. (2 010); "La contaminación ambiental se posiciona como uno de los más importantes problemas que afectan a la sociedad del siglo XXI. La pérdida de calidad del aire, del recurso hídrico y de suelos disponibles para actividades agrícolas se ha incrementado exponencialmente." También refieren que en estudios realizados en Sogamoso - Bocayá – Colombia los suelos reportan la presencia de metales pesados y metaloides tales como Mercurio (Hg), Arsénico (As), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Zinc (Zn), Níquel (Ni) y Cromo (Cr) en hortalizas como: La lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa.

Por otro lado, existen estudios realizados en México que centran su atención en la contaminación de suelos y de plantas producidos por metales pesados producto de las actividades antropogénicas, particularmente de la actividad minera. Una de estas investigaciones se realizó en San Francisco del Oro – Chihuahua - México en donde las actividades de extracción minera datan del año 1600 las cuales han provocado disturbios en el medio ambiente y han generado suelos con limitaciones físicas, químicas y biológicas para el establecimiento de vegetación y riesgos en la salud. Los metales tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesible al consumo de las raíces de los cultivos, entre estos metales destacan: Plomo(Pb), Cadmio(Cd), Zinc(Zn) y Arsénico(As). (Puga, et al. 2 006)

Existen estudios que tienden a resolver la contaminación originada por metales pesados en suelos, las estrategias consisten en el uso de plantas las cuales tienen la propiedad de acumular metales pesados; a este proceso se le denomina “fitorremediación” el cual consiste en la separación, transferencia, estabilización y/o degradación y neutralización de compuestos orgánicos, inorgánicos y radioactivos que resultan tóxicos en suelos y agua. Méndez, et al., (2 009). Este método tiene como objetivo degradar y asimilar los metales pesados presentes en el suelo, presentando ventajas como por ejemplo: son técnicas de bajo costo, presenta un impacto regenerativo en lugares en donde se aplica y su capacidad extractiva se mantiene debido al crecimiento vegetal.

El departamento de Cajamarca viene presentando distintos problemas ambientales ocasionados principalmente por la minería, tal es el caso del centro minero El Sinchao ubicado en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, en el cual se observa la presencia de pasivos ambientales mineros como lo indica Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2 011), quien señala que dicho Paraje incluye 07 socavones, 02 zonas en las que se encuentran grandes cantidades de tierra (Desmontes), 01 cancha de relave; asimismo, la zona central cuenta con una profunda depresión conocida con el nombre de Tajo María Eugenia, los mismos que se encuentran en estado de abandono y sin remediación. Por otro lado, se observan los restos de una planta de procesamiento abandonada.

En la zona del Sinchao existen altos niveles de contaminación, así lo afirma el informe emitido por la Autoridad Local del Agua (ANA, 2 011), donde se precisa que en dicho lugar se observa la crianza de ganado vacuno el cual se alimenta de los escasos pastos que crecen en este paraje y beben del agua que discurre en las pequeñas corrientes y drenes que fluyen en la zona, también indicaron que la recolección de leche de este ganado es destinado a la elaboración de quesos y de otros productos lácteos. Por otro lado, se señala que los suelos poseen altas concentraciones de azufre, así como a la presencia de diversas zonas en las

que la vegetación no se desarrolla con normalidad.

Ante esta problemática se ha visto necesario realizar una identificación de las especies de flora herbácea silvestre que se desarrollan en estos suelos contaminados por metales pesados, para ello se realizaron muestreos de suelo y vegetación herbácea ubicadas en la zona de pasivos mineros El Sinchao pertenecientes al distrito de Chugur.

Este estudio abordó la identificación de especies herbáceas más abundantes y el reconocimiento de especies vegetales capaces de acumular metales pesados en alguna parte de su estructura. Finalmente, el estudio concluye con la propuesta del uso de las especies para que sean aplicables en técnicas de fitorremediación en zonas alto andinas o con características climáticas similares, así como información para la realización de estudios futuros en la zona.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos mineros El Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca?

1.3. Justificación

La presente investigación se realizó con el fin de identificar especies de flora herbácea silvestre en la zona El Sinchao, las cuales se desarrollan en suelos contaminados por metales pesados, teniendo en cuenta que anteriormente en los años 2 012 y 2 013, se efectuó un plan de Gestión de los recursos Hídricos en la cuenca de Chancay – Lambayeque, donde se señala que “las aguas de peor calidad se han localizado en la Quebrada Colorada, sobre todo en su parte inicial, con una estación de control próxima a los pasivos ambientales del Sinchao” La Autoridad Nacional del Agua ANA (2 012), la información obtenida permitió llenar el vacío de estudios de flora en el lugar, puesto que no se han realizado investigaciones de ello en la zona.

Asimismo, la investigación es aplicada como beneficio de los agricultores y ganaderos de la zona, puesto que brindó información sobre la calidad de las especies de flora herbácea silvestre que son comercializadas o que sirven de alimento para ganado vacuno, evitando con ello el aumento de contaminación de los seres vivos que habitan en ese lugar. Por otro lado, es importante señalar que las plantas únicamente pueden servir de alimento para ganado siempre y cuando la acumulación de los metales pesados se encuentre en la raíz de la planta, para evitar muertes a causa de su ingesta de contaminantes o sustancias tóxicas para el organismo de los mismos. De la misma forma, el estudio permitió mejorar la calidad de vida de toda la

población, obteniendo con ello que las personas vivan en un ambiente limpio y saludable. Por otra parte, las especies vegetativas identificadas en la zona, podrían ser utilizadas posteriormente en procesos de fitorremediación, al ser sembradas en zonas con las mismas condiciones climáticas, puesto que se adaptan fácilmente, por ello la información obtenida va ser nueva y actualizada, la cual servirá a futuros profesionales para solucionar problemas con suelos contaminados.

1.4. Limitaciones

Para el desarrollo del estudio, una de las limitantes presentes fue la obtención de muestras dado que se realizaron en época de estiaje, lo cual limita el crecimiento de las plantas; asimismo, se estima que otra limitante es el factor económico, por ello se ha previsto realizar un número limitado de muestras para el respectivo análisis, trayendo consigo que no se logre examinar el total de especies que posee la zona establecida.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar la capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos mineros El Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Identificar las especies de flora herbácea silvestre que se desarrollan en la zona de pasivos mineros El Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.
- Determinar el valor de importancia de las especies de flora herbácea silvestre que se desarrollan en la zona de pasivos mineros el Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.
- Identificar en que parte de la planta existe mayor acumulación de metales pesados.
- Establecer la relación existente entre las concentraciones de metales en el suelo y en las especies de flora herbácea silvestre en una zona impactada y en una no impactada.
- Determinar el factor de bioconcentración (BCF) y factor de traslocación (TF), los cuales permitirán identificar a las especies de flora herbácea silvestre como fitoestabilizadoras o fitoextractoras.

1.6. Área de Estudio

1.6.1. Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte de la cuenca Chancay -Lambayeque, la cual pertenece al norte del Perú, entre los departamentos de Lambayeque y Cajamarca. Cuenta con un área aproximada de 4 060 km² hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. El río Chancay nace en la laguna Mishacocha en la cordillera de los Andes a una altitud de 4 000 m en el área del proyecto donde nacen las quebrada Tacamache, Río Colorado y Tantahuatay, asimismo limita por el norte con la cuenca del río Chotano y río Motupe, por el sur con la cuenca del Río Zaña y del río Jequetepeque, y por el este con las cuencas del río Chotano y Llaucano. (Ingenieros Asociados S.A.C., 2 015).

1.6.2. Microcuenca de la Quebrada Río Colorado

La cuenca de la quebrada Río Colorado tiene una extensión de 19.5 km² hasta su confluencia con la Quebrada Chencho, perteneciente a las microcuencas de la vertiente del pacífico y presenta altitudes que van desde los 2 648 m hasta los 4075 m en su punto más alto. El eje principal de la quebrada tiene una dirección sureste a noroeste y una longitud de 10.2 km, con una fuerte pendiente. (Ingenieros Asociados S.A.C., 2 015).

El río Colorado muestra ser una microcuenca con alto potencial erosivo (fase de juventud), asimismo presenta una mayor variación de altitudes; por otro lado, el factor de compacidad de esta microcuenca indica que esta tiene una forma alargada y presenta mayor variación de altitud. La densidad de drenaje baja de esta microcuenca indica una baja respuesta a la precipitación – escorrentía.

1.6.3. Cobertura Vegetal

En el área de estudio mediante la salida a campo se logró identificar unidades de vegetación, las cuales se describen a continuación:

- **Pajonal de Jalca**

Son espacios despoblados de arbustos y árboles; ubicados por encima de las quebradas boscosas, donde la vegetación predominante son las poáceas asociadas a las formas herbáceas. Sánchez y O. Dillon (2 006) citando a Tupayachi (2 004), señalan que los pajonales tipifican la fisonomía de las jalcas por ser la formación más extensa, ocupando las planicies, laderas de poca pendiente y lomadas, de suelos profundos poco pedregosos, este importante en el manejo del pastoreo como piso forrajero, durante la estación lluviosa y a la vez fuente de extracción de la paja para construcciones y otros usos. Por otro lado, Tovar y Oscanoa (2 002)

señalan que este tipo de formación vegetal es la que ocupa la mayor extensión de las praderas naturales.

- **Roquedal**

Tovar y Oscanoa (2 002) señalan que la vegetación de roquedales alcanza una mayor altura que en suelos terrosos debido al efecto termorregulador del sustrato rocoso y pedregoso, que almacena calor durante el día y lo libera durante la noche, generándose un micro hábitat propicio para especies leñosas de porte arbóreo o arbustivo. También señalan que para las jalcas, los espacios abrigados de sotavento suelen desarrollarse asociaciones de arbustos altos y herbáceas caulescentes, de los géneros *Diplostephium*, *Gynoxys*, *Brachyotum* (Sánchez y O. Dillon, 2 006).

1.6.4. Paraje Sinchao

- **Pasivos Mineros en la Quebrada del Sinchao**

El distrito de Chugur se encuentra localizada la Quebrada del Sinchao, en dicha quebrada se han observado anteriormente diferentes problemas causados por actividades mineras realizadas en sus alrededores, es así que se identificaron 17 pasivos Ambientales Mineros, consistentes en tajos abiertos, depósitos de relaves, bocaminas, que generan efluentes ácidos que discurren hacia la quebrada de El Sinchao. Por tal motivo el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) como su primer proyecto realizó el diseño de una planta de tratamiento de aguas ácidas, a fin de evitar que las concentraciones de las aguas descargadas a la quebrada superen los niveles máximos permisibles establecidos. (Herrera, 2 013).

Mediante R.D.N°247-2006-MEM-DGM.FONAM, se estableció la acción inmediata para la construcción de la planta de tratamiento de aguas ácidas de la quebrada de El Sinchao, con la finalidad de reducir los niveles de contaminación en la cuenca del río Tingo-Maygasbamba generada por dos empresas mineras: Cía Minera Colquirrumi y Corporación Minera El Sinchao. Para ello el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) realizó gestiones con la Junta de Regantes del Tingo-Maygasbamba (Jurtimay) y la comunidad campesina El Tingo y tomó contacto con los posesionarios de los terrenos donde se ubicarían los diversos componentes de la planta. Logrando con ello que el 20 de junio del 2008, se realizará la inauguración de la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas de la Quebrada de El Sinchao. (Herrera, 2 013).

Para ello, en el año 2 013 el autor señala que los pasivos ambientales mineros que se encuentran alrededor de la Planta, de responsabilidad de Cía. Minera Colquirrumi, han sido

remediados; sin embargo, queda pendiente los trabajos de remediación de Cía. Minera El Sinchao. Con la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas, se inician los primeros pasos de recuperación de la cuenca del río Llaucano por la antigua actividad minera, buscando que se incrementen los proyectos de remediación de pasivos ambientales mineros en esta cuenca. Para la realización de esta obra han participado las empresas mineras del Grupo Norte (Cía. Minera Buenaventura, Gold Fields la Cima, Minera Yanacocha), Corporación Minera El Sinchao, el Estado, MEM, FONAM, los comuneros de la provincia de Hualgayoc y la Jurtimay.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Existen diversas investigaciones relacionadas con la contaminación que producen los vertimientos mineros en los componentes de la naturaleza, tales como: Agua, aire, suelo y por ende la vegetación. La dispersión de contaminantes en el agua, atmósfera y suelo generan consecuencias negativas en el desarrollo de las especies vegetativas. De éstos, el suelo es el medio más estático, donde los contaminantes pueden permanecer mucho más tiempo dañando severamente la cobertura vegetal. Así nos muestra un estudio que fue realizado en año 2 007 en el Norte de España por la Asociación Española de Ecología Terrestre, cuyo equipo técnico evaluó la concentración de metales pesados como Zinc, Plomo y Cadmio en especies nativas procedentes de las escombreras mineras y terrenos adyacentes de una mina de galena abandonada desde la década de los 60, en una zona kárstica y montañosa, con un suelo del tipo acrisol gleico. El estudio consistió en la medición de pH de suelo y en la realización de un inventario florístico para así poder hacer el análisis de metales pesados en cada ejemplar que se tomó como muestra. Los resultados de la investigación señalan que la zona presentó una gran heterogeneidad en la distribución y concentración de metales, asimismo afirman que la abundancia de especies y de cobertura vegetal disminuía con el nivel de metal en el suelo. Finalmente, se determinó que las 50 especies identificadas pertenecen a 29 géneros y 18 familias, siendo la especie más hiperacumuladora de Zn *T. caerulescens* (14.000 mg kg⁻¹ materia seca), presentando un gran potencial para su utilización en la fitorremediación de suelos mineros contaminados con Zn. (Becerrí et al., 2 007)

En otra investigación realizada por (Regalado et al., 2 014), teniendo como área estudiada a la Empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal” que se encuentra ubicada en el municipio San José de Las Lajas en Cuba, sostienen que la concentración de metales pesados en la planta *Cynodon nlemfuensis* Vanderhyst se produjo en las zonas aéreas y en menor concentración en las raíces, igualmente indican “que las altas concentraciones de metales pesados en los tejidos vegetales, pueden traer cambios anatómicos en los tejidos epidérmicos, parenquimáticos y conductores, xilema y floema, que se expresan por un decrecimiento intercelular, pérdida de la forma y tamaño de las células y compactación de los tejidos con pérdida de los espacios intercelulares (...)”. Dichas investigaciones siguieron un procedimiento teniendo como primer paso el levantamiento florístico, que permite la identificación de la especie predominantes, asimismo la determinación de metales se utilizó el método de espectrometría de absorción atómica con el equipo Espectrofotómetro Modelo SP9, por otro lado en el caso de los análisis estadísticos se utilizó ANOVA con arreglo bifactorial en un diseño

totalmente aleatorizado donde los factores son los órganos vegetativos de la planta y finalmente para el escaneado de tejidos se empleó el microscopio electrónico de barrido Device–TS5130SB, VEGA TESCAN.

Una investigación realizada por (Puga et al., 2 006) respecto a la contaminación en el suelo producido por la industria minera (México) llevada a cabo en el año 2006 analiza las concentraciones de metales pesados como Plomo, Cadmio, Zinc y Arsénico a diferentes distancias y niveles de profundidad. El estudio consideró 30 muestras de suelo a tres diferentes profundidades en 10 sitios en donde la distancia de estos últimos fue de 300 m. La concentración de metales se evaluó utilizando la técnica de ICP, las muestras con concentraciones pequeñas se leyeron mediante absorción atómica. El análisis estadístico fueron modelos de regresión entre características físico – químicas, distancias, profundidades y concentraciones de metales pesados. Los resultados muestran que la mayor concentración de metales pesados se da en sitios cercanos a los jales, disminuyendo la concentración a medida que se aleja de ellos; sin embargo, todos los elementos sobrepasan los rangos establecidos por las agencias internacionales, existiendo de esta manera contaminación en su suelo.

En estudios realizados por (García et al., 2 012), se evaluó las concentraciones de Cadmio en el suelo, tallo, raíz y vaina, asimismo se tuvo en cuenta tres indicadores de crecimiento y desarrollo de la planta de haba (*Vicia faba*): pigmentos fotosintéticos, aspecto de los nódulos radicales e índice de nodulación. Se realizaron experimentos de tipo unifactorial con cuatro repeticiones, se comenzó con las mismas concentraciones de Cd que contenía el suelo, seguidamente se le añadieron 20 y 40 mg/kg de Cd, para la identificación de concentración de Cd total se utilizó el método de espectroscopia de absorción atómica. Finalmente con los resultados se permite indicar que “las variables agronómicas evaluadas no presentaron diferencias estadísticamente significativas con el testigo ($p < 0.05$). La concentración de las clorofilas a y b fue significativamente mayor. Los nódulos se tornaron oscuros, efecto que se incrementó al aumentar la concentración de Cd. De igual modo, se observó una relación notable entre el índice de nodulación y la concentración de Cd ($p < 0.01$). Por otra parte, la raíz fue el órgano que absorbió más Cd, seguida de la hoja, el tallo y la vaina. Como planta completa, V. faba absorbió cantidades de Cd entre 8.6 y 65.2 mg/kg, concentraciones tóxicas para el ser humano” (García et al., 2 012).

Por otro lado estudios realizados por (González et al., 2 008), en la región de Valparaíso en Chile, mencionan que en lugares ubicados cerca a centros de explotación minera, carece de

cobertura vegetal, sin embargo existe la presencia de plantas denominadas metalofitas que son capaces de desarrollarse en sitios con altas concentraciones de elementos ecotóxicos. Es decir el trabajo efectuado por los antes mencionados investigadores, “buscó identificar especies hiperacumuladoras representativas de las condiciones chilenas, se realizó una prospección dentro de la diversidad vegetal en el área afectada por las emisiones de la Fundición Ventanas (90-900 mg kg⁻¹ de Cu total en suelos), así como en un área cercana a una pila de escorias de fundición (500-3.000 mg kg⁻¹ de Cu total en suelos)”. En la misma investigación el método empleado fue el de prospección e identificación de especies, para la selección de las 05 muestras en cada lugar de estudio, asimismo se determinó la concentración de Cu total en el suelo mediante espectrometría de absorción atómica y posteriormente para la evaluación de concentración de Cu en las plantas se realizó mediante espectroscopia de absorción atómica.

Un estudio llevado a cabo por Jara et al., (2 014) señalan el impacto que tienen las actividades mineras en ecosistemas altoandinos en donde predominan las cabeceras de cuenca, los cuales son un factor importante para el desarrollo de la vegetación, éstas al ser alteradas generarían impactos negativos en la salud de las personas y en el deterioro ecosistémico, pero ante esto, pueden existir las denominadas plantas metalófilas, las cuales han desarrollado un mecanismo fisiológico para resistir, tolerar y sobrevivir en suelos degradados por actividad minera. El estudio fue realizado en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región Lima, de octubre de 2 011 a octubre de 2 012, fueron evaluados veinte tratamientos con un diseño factorial completo 5 x 4: 5 especies alto andinas, y 4 sustratos con 30%, 60%,100% de relave de mina (RM) y suelo sin RM. Los resultados muestran que la producción de biomasa disminuyó significativamente en *Solanum nitidum*, *Brassica rapa*, *Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* y *Lupinus ballianus*, con el tratamiento de 100% de relave de mina; por otro lado, la mayor eficiencia de acumulación de plomo y zinc fue obtenida en las raíces de *Fuertesimalva echinata* con el tratamiento de 100% de relave de mina, en las raíces de *L. ballianus* fue obtenida la más alta acumulación de cadmio con el tratamiento de 100% de relave de mina. *Fuertesimalva echinata* presentó el mayor índice de tolerancia (IT) al tratamiento de 100% de relave de mina, pero, *S. nitidum* y *L. ballianus* presentaron el mayor IT al tratamiento de 60% de relave de mina.

Asimismo, en otra investigación efectuada por Durán (2 010) Presenta como parte de su estudio dos zonas con características sumamente diferentes tanto en el aspecto geográfico, geológico, climático y flora. Se refiere específicamente a Hualgayoc, Cajamarca (Perú) en la zona andina y Poblet, Tarragona (España) en el área mediterránea. El estudio se pretende “la búsqueda, identificación, análisis y descripción de plantas crecidas naturalmente en zonas mineras

contrastadas (...)" (Durán, 2 010). Para la realización de la comparación de los sitios se efectuó un reconocimiento de flora, donde en Cajamarca las especies que destacan son las plantas de la familia *Asterácea* como *Bidens*, *Sonchus*, *Senecio sp*, y también especies arbustivas como *Plantago orbignyana* y *Baccharis latifolia*, mientras que en Poblet, Tarragona, España; la comunidad vegetal pertenece a un encinar litoral o típico (*Viburno-Quercetum ilicis*), de igual manera en el estrato arbóreo predominan las especies *Quercus ilex subsp. ilex* (encina), *Pinus halepensis* y *Pinus pinea*. En el estrato arbustivo alto *Viburnum tinus* (duraznillo) mientras que en el Estrato arbustivo bajo predominan *Ruscus aculeatus*, *Asparagus acutifolius* y *Hedera hélix*. En el estrato herbáceo se puede encontrar *Asplenium adiantum-nigrum*, *Viola alba*, *Rubia peregrina* y *Dactylis glomerata*, entre otras. Finalmente, el método utilizado para la evaluación de la muestras, en el caso de la determinación de granulometría, se utilizó el método de Bouyoucos que analiza la distribución del tamaño de partículas en suelos mediante la densidad de la solución de sedimentación por un hidrómetro calibrado. Para el cálculo de Carbono orgánico (Materia Orgánica) se usó el método de Walkley y Black. Para el tratamiento estadístico se ha utilizado el programa SPSS para Windows®, versión 16 y Minitab®, versión 15. Llegando a la conclusión que todas las especies antes mencionadas son tolerantes a altas concentraciones de Plomo.

Asimismo otra de las investigaciones fue realizada en junio del 2 015 en Cajamarca – Perú, específicamente en las cuencas del río Mashcón y del río Chonta, las cuales se encuentran influenciadas por vertimientos de la minera Yanacocha, dicho estudio fue ejecutado por estudiantes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Facultad de Farmacia y Bioquímica, quienes evaluaron 40 muestras de papa, de las cuales 20 se recolectaron de los cultivos de la Cuenca del río Mashcón, específicamente en los afluentes del río Grande y del río Porcón, y las otras 20 se recogieron en la Cuenca del río Chonta, en los cultivos cercanos al río Azufre, río Quinuario y el río Grande, con la finalidad de determinar concentraciones de Plomo y Cadmio en la papa cosechada. El método que utilizaron fue el de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito en la cual se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de luz absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente en la muestra. Los resultados de la investigación señalan que no se detectó la presencia de plomo en ninguna muestra de papa; por el contrario, sí se detectó que en todas las muestras existía Cadmio el cual superaba los Límites Máximos Permisibles. (Arenas y Rodríguez, 2 016).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación

Según Atilio de la Fuente (2 013) la contaminación está relacionado con un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, la tierra o el agua, que puede afectar nocivamente la vida humana o la de especies beneficiosas, los procesos industriales, las condiciones de vida del ser humano y puede malgastar y deteriorar los recursos naturales renovables. Asimismo, para Yauli (2 011) la contaminación ambiental es la presencia en el ambiente de cualquier agente físico, químico o biológico, o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos.

a) Contaminación de Agua Superficial y Agua Subterránea.

La Contaminación del agua se debe a liberación de contaminantes tóxicos contenidos en los residuos mineros y desde las obras mineras, los tajos abiertos y los socavones entre otros. El potencial de liberación de estos elementos y el riesgo asociado dependen de las condiciones específicas del sitio, incluyendo el diseño y la operación de la extracción, del procesamiento, la gestión de los residuos, la calidad de las medidas de mitigación, aspectos ambientales como el clima y la cercanía a posibles receptores, así lo indica el informe elaborado por (Sánchez et al., 2 015), Igualmente señalan que los principales mecanismos de transporte a las aguas superficiales y subterráneas son las descargas directas de las aguas de proceso, las aguas de mina, el escurrimiento superficial y la infiltración.

Por otro lado, también se añade que los impactos adversos al agua superficial lo conforman la descarga superficial de sedimentos contaminados, la reducción del pH, la destrucción de ecosistemas hídricos y la contaminación del agua potable. La presencia de sulfuros en los residuos mineros y en las labores abiertas y la consecuente formación de drenajes ácidos de mina (DAM) con altos contenidos de metales pesados y arsénico han sido reconocidos ampliamente como uno de los grandes problemas ambientales no solo en el Perú sino en muchas regiones en el mundo.

Del mismo modo, (Sánchez et al., 2 015) indican que las aguas superficiales se pueden contaminar debido a la erosión y descarga de sedimentos y materiales provenientes de los tajos abiertos, pilas de lixiviación, tanques de relaves, desmontes, etc hacia los cuerpos

acuáticos. Una alta o elevada concentración de sedimentos o una concentración elevada de contaminantes en el sedimento en el agua pueden producir efectos adversos a la vida acuática.

Por otro lado, los mismos autores revelan que las aguas subterráneas pueden verse afectadas por los impactos que emanan de los pasivos. Existen diferentes vías de influencia el cual es más obvio ocurre en las minas que llegan y sobrepasan el nivel freático donde se abre un conducto directo con las aguas subterráneas. Una contaminación también puede ocurrir cuando existe una conexión hidráulica entre las aguas superficiales y as agua subterráneas.

b) Contaminación de suelos

La Ley 10/1998, de 21 de abril del 2 004 de residuos Zaragoza, define como suelo contaminado a todo aquel cuyas características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano, en concentración tal que comporte un riesgo para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los estándares que se determinen por el Gobierno. Por lo tanto, será necesario conocer cuáles serán los estándares de contaminación del suelo para declarar, legalmente, un suelo como contaminado. (Sabrozo y Pastor 2 004).

La contaminación de suelos según (Sánchez et al., 2 015), se origina por el arrastre de material contaminado por el viento y la inadecuada disposición de residuos y químicos en las labores mineras. Se considera que otro factor importante que influye en el nivel de contaminación es la erosión y degradación de los suelos, la cual se origina debido a la exposición de materiales removidos y procesados, la destrucción de la capa vegetal protectora y la disposición de residuos en la superficie.

c) Contaminación de vegetales

(Méndez et al., 2 009) citando a diversos autores refieren que: La sensibilidad de las especies vegetales a los metales pesados varía considerablemente a través de reinos y familias, siendo las plantas vasculares ligeramente más tolerantes (Rosa et al., 1 999). Asimismo, “Las diferentes respuestas de las plantas vasculares a metales pesados pueden ser atribuidas a factores genéticos y fisiológicos”. (Calow, 1 993).

Todas las plantas absorben metales del suelo donde se encuentran, pero en distinto grado, dependiendo de la especie vegetal, y de las características y contenido en metales del

suelo. Las plantas pueden adoptar distintas estrategias frente a la presencia de metales en su entorno (Baker, 1 981).

Unas basan su resistencia a los metales con la estrategia de una eficiente exclusión del metal, restringiendo su transporte a la parte aérea. Otras acumulan el metal en la parte aérea en una forma no tóxica para la planta. La exclusión es más característica de especies sensibles y tolerantes a los metales, y la acumulación es más común de especies que aparecen siempre en suelos contaminados. (Barceló et al., 2 003).

Algunas plantas son capaces de acumular cantidades excesivas de metales pesados, y se les conoce con el término "hiperacumuladoras" que fue introducido primero por Brooks y colaboradores (1 977), refiriéndose originalmente a las plantas que adquirieron una concentración excesiva del níquel (1 000 mg/g) sobre una base del peso seco concepto fue ampliado más adelante a otros elementos tales como cadmio, cobalto, cobre, plomo, selenio y zinc.

- **Fitotoxicidad**

En estudios realizados por (Carmona et al., s.f) sobre la fototoxicidad en soja, señalan que la fitotoxicidad es un efecto detrimental, nocivo o dañino de una sustancia química que se puede expresar en distintos órganos en la planta. Es una característica indeseable no siempre evitada en el desarrollo de un nuevo compuesto químico. La misma se manifiesta a través de síntomas como reducción del crecimiento de la planta, enrollamiento foliar, manchas, clorosis y necrosis internerval, lesiones, caída de flores y frutos y reducción de la producción. Por ende, se deben tomar cuidados en su uso, como por ejemplo, dosis correcta y no aplicar en horas de alta radiación.

Algunos años en particular se observa con frecuencia síntomas en diversos cultivos que generan sospechas o incertidumbre sobre su origen. Igualmente. Se indica que la fototoxicidad causadas por mezclas de herbicidas con insecticidas o con micronutrientes, provocan síntomas semejantes a mancha marrón o a la mancha ojo de rana. (Carmona et al., s.f.)

2.2.2. Minería

La minería según Lavandaio (2 008) es el sector de la economía que produce los minerales que la sociedad demanda, asimismo indica que es una actividad extractiva, es decir, que la sustancia mineral que se requiere debe ser extraída de la mina y llevada a su lugar de uso o de industrialización. El mineral al ser extraído del lugar de yacimiento, provoca que queden huecos, que pueden tener distinta forma y tamaño de acuerdo a la cantidad extraída y a su distribución original. Actualmente, todos los materiales extraídos al desarrollar esta actividad se encuentran presentes en forma de cosas y objetos utilizados en las actividades cotidianas de los seres humanos.

Desde 1 995 el Código de Minería contiene normas específicas que obligan a que los proyectos mineros tengan previsto un adecuado cierre de la mina y la remediación del paisaje, en consonancia con el entorno (Lavandaio, 2 008). De la misma forma el autor afirma que la minería funciona sobre la base de normas y encuadres específicos de tipo legal, técnico y comercial. Asimismo, da a conocer que para desarrollar una actividad minera en forma adecuada hay que conocer y observar esas normas. Por otro lado, muestra que la minería tiene algunas diferencias importantes con las otras actividades productivas. Esas diferencias son:

- La superposición de la propiedad minera con la del terreno
- La existencia de una etapa de riesgo (exploración)
- El carácter no renovable de los recursos.

El Código de Minería (art. 2º) establece, además, que hay tres categorías de minas (Lavandaio, 2 008):

1. «Minas en la que el suelo es un accesorio, que pertenecen exclusivamente al Estado, y que sólo pueden explotarse en virtud de concesión legal otorgada por autoridad competente».
2. «Minas que, por razón de su importancia, se conceden preferentemente al dueño del suelo; y minas que, por las condiciones de su yacimiento, se destinan al aprovechamiento común».
3. «Minas que pertenecen únicamente al propietario del suelo, y que nadie puede explotar sin su consentimiento, salvo por motivos de utilidad pública».

a) Yacimiento minero

El Servicio Geológico Minero Argentino SEGEMAR (2 008) define como la concentración de una determinada sustancia mineral, susceptible a ser aprovechada con beneficio. Menciona que se habla de una concentración porque la sustancia en cuestión puede encontrarse en muchos lugares como componente común de las rocas, pero para que sea considerada como un yacimiento, debe reunir ciertas características de calidad, forma y cantidad que superan lo común. Por otro lado, añade que todos los yacimientos se encuentran en el subsuelo, pero algunos son visibles, aunque sea en parte, y otros están totalmente ocultos.

b) Pasivos ambientales mineros

Sánchez et al. (2 015), refiere que se considera como pasivo Ambiental Minero a todas aquellas instalaciones, efluentes, emisiones restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras actualmente abandonadas o inactivas que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, en el ecosistema circundante y la propiedad. Asimismo, señalan que los pasivos mineros abandonados son aquellos que se encuentran localizados fuera de una concesión vigente a la fecha de la entrada en vigencia de la ley. Por otro lado, indican que los pasivos ambientales inactivos son aquellos que a la fecha de vigencia de la Ley se encontraban localizados en concesión vigente, en áreas, labores o instalaciones que estaban sin operar durante dos años o más.

Asimismo, en la investigación realizada por Sánchez et al. (2 015), añaden que los pasivos ambientales presentan o pueden presentar un riesgo de seguridad o de contaminación tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Es importante señalar que el Riesgo de contaminación se debe a la presencia de sustancias tóxicas, como por ejemplo arsénico, cianuro o metales pesados emitidos por los residuos mineros, como son el caso de los relaves y los desmontes, contribuyendo a la liberación de ellos al medio ambiente.

2.2.3. Contaminación en Chugur por Minería

Según un estudio realizado por Gobierno Regional de Cajamarca GRC (2006), los recursos mineros que se encuentran en el territorio de la provincia de Hualgayoc, constituyen un gran potencial; señala también que estos recursos minerales principalmente metálicos constituidos por oro, plata, cobre, plomo y zinc han sido explotados desde la época colonial, desarrollándose un gran auge económico en el siglo XVIII con la explotación de minas de plata, habiéndose extraído mineral de alta ley. De esta forma, los yacimientos, elementos metálicos – auríferos se encuentran en su mayoría

en el distrito de Hualgayoc y Chugur (Proyecto Tantahuatay). La compañía minera Coimolache S.A., tiene a cargo el proyecto Tantahuatay, el cual en el año 2 006 se encontraba en etapa de exploración. Las reservas totales son de 350 TM, con los siguientes minerales: Cu (0.85%), Au (0.33g/T), Ag (9 g/T), As (0.18%). Asimismo el Grupo de Formación e Intervención para el Desarrollo Sostenible (GRUFIDES), indica que en el distrito de Chugur existen 12 pasivos ambientales mineros, correspondientes a bocaminas, desmontes de mina y relaves, que estarían afectando a la cuenca del Llaucano.

El conflicto de Chugur tiene aparentemente varios años, cuando ante la presencia de las empresas mineras (Misti Gold, Tantahuatay y Sinchao Minerals), el alcalde declaró la intangibilidad del cerro Tantahuatay, por ser fuente de abastecimiento de aguas para el valle; exigiendo en cambio la remediación inmediata de los pasivos ambientales de los viejos proyectos mineros (Sinchao, El Tingo).

2.2.4. Fitorremediación

Sierra (2 006) citando a (Merkl et al., 2 004) Señala que la Fitorremediación es el uso de plantas para recuperar suelos contaminados, es una tecnología in situ no destructiva y de bajo costo y está basada en la estimulación de microorganismos degradadores. Además, hace hincapié en el uso de plantas, sus microorganismos o enzimas asociadas, así como de la aplicación de técnicas agronómicas para degradar, retener o reducir a niveles inofensivos los contaminantes ambientales a través de procesos que logran recuperar la matriz o estabilizar al contaminante.

Por otro lado, según Núñez et al. (2 004). “La fitorremediación representa una tecnología alternativa para la restauración de ambientes y efluentes contaminados. Es una tecnología de bajo costo, puesto que no requiere de infraestructura sofisticada. Puede implementarse in situ para remediar grandes extensiones de áreas contaminadas o para tratar grandes volúmenes de aguas diluidas, es decir, con bajas concentraciones de contaminantes”. Es decir, es una tecnología barata, simple, sustentable, compatible con el ambiente y estéticamente más agradable que las tecnologías convencionales.

2.2.5. Plantas hiperacumuladoras de metales pesados

Las plantas hiperacumuladoras generalmente tienen poca biomasa debido a que ellas utilizan más energía en los mecanismos necesarios para adaptarse a las altas concentraciones de metal en sus tejidos (Kabata, 2 000). La capacidad de las plantas para bioacumular metales y otros posibles contaminantes varía según la especie vegetal y la

naturaleza de los contaminantes. Estas diferencias en la absorción de metales, pueden ser atribuidas precisamente a la capacidad de retención del metal en cuestión, por el suelo de cultivo y a la interacción planta-raíz-metal y al metabolismo vegetal propio (Vig et al., 2 003).

De acuerdo con la estrategia de acumulación de Baker (1 981), las plantas hiperacumuladoras pueden superar en 100 ó más veces los valores normales de metales acumulados. Estas plantas son especies muy tolerantes a uno o más metales pesados y a menudo su distribución está restringida a suelos ricos en un amplio rango de concentraciones de metales, pues no son competitivas en zonas no contaminadas. La hiperacumulación ha evolucionado en más de 400 especies de plantas repartidas en 45 familias botánicas, siendo la familia Brassicaceae una de las que cuenta con más géneros de este tipo; familia que se encuentra distribuida por todo el mundo, predominando en Nueva Caledonia, Cuba y la región Mediterránea, entre otros lugares (Baker et al., 2 000).

La fitorremediación aplicada a suelos contaminados con elementos o compuestos inorgánicos, incluye básicamente, tres mecanismos los que se muestran en la fitoextracción o fitoacumulación, la fitoestabilización y la fitovolatilización.

2.2.6. Fitoextracción

La fitoextracción o fitoacumulación consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas, principalmente As, Cd, Co, Ni, Se o Zn. El primer paso para la aplicación de esta técnica es la selección de las especies de planta más adecuada para los metales presentes y las características del emplazamiento. Una vez completado el desarrollo vegetativo de la planta el siguiente paso es cortarlas y proceder a su incineración y traslado de las cenizas a un vertedero de seguridad. La fitoacumulación se puede repetir ilimitadamente hasta que la concentración remanente de metales en el suelo esté dentro de los límites considerados como aceptables, así lo indican Delgadillo et al. (2 011) citando a (Kumar et al., 1 995) en su trabajo de investigación Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación.

2.2.7. Fitoestabilización

La fitoestabilización es una técnica que permite inmovilizar contaminantes en el suelo a través de su absorción y acumulación en las raíces o bien, por precipitación en la zona de la rizosfera. Este proceso según (Delgadillo et al., 2 011) citando a (Barton et al., 2 005

Mendez y Maier, 2 008,). Reduce la movilidad de los contaminantes y evita su migración a las aguas subterráneas o al aire. “La fitoestabilización es efectiva en suelos de textura fina con alto contenido de materia orgánica, se aplica principalmente en terrenos extensos en donde existe contaminación superficial”. (Padmavathiamma y Li, 2 007). Esta técnica presenta mayor cantidad de beneficios a diferencia de otras técnicas de remediación de suelos, que son: de menor costo, fácil de aplicar y estéticamente agradable.

2.2.8. Factor de Bioconcentración

El factor de bioconcentración (FBC) es la medida de la capacidad que tiene una sustancia presente en un medio para acumularse en los tejidos de los organismos. Medina Marcos & Montano Chávez (2 014) citando a Olivares Peña (2 009) mencionan que el factor de bioconcentración se calcula como el cociente entre la concentración de la sustancia en los tejidos (mg/kg) y la concentración en el suelo (mg/kg) utilizando la siguiente fórmula.

$$BCF_{Raíz} = [Metal]_{raíz} / [Metal]_{suelo}$$

$$BCF_{Aérea} = [Metal]_{aérea} / [Metal]_{suelo}$$

Dónde:

$BCF_{Raíz}$ = Factor de bioconcentración en la raíz de la planta.

$BCF_{Aérea}$ = 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.

- **BCF en la parte aérea de la planta:**

Si el $BCF_{aérea} < 1$ la planta es excluyente

Si el $1 < BCF_{aérea} < 10$ la planta es acumuladora

Si el $BCF_{aérea} > 10$ la planta es hiperacumuladora

- **BCF en la parte de la raíz de la planta:**

Si el $BCF_{raíz} < 1$ la planta es excluyente

Si el $1 < BCF_{raíz} < 10$ la planta es acumuladora

Si el $BCF_{raíz} > 10$ la planta es hiperacumuladora

2.2.9. Factor de Traslocación

Medina y Montano (2014) citando a Mattina (2003), mencionan que el factor de traslocación “Es una medida del transporte interno de un metal e indica la relación entre la concentración acumulada en la parte aérea y la raíz de una planta.” Asimismo, el factor se determina dividiendo la concentración de la fitomasa aérea (mg/kg) entre la concentración de la fitomasa de la raíz de la planta. Cabe señalar que el autor Olivares (2009), propone la siguiente relación:

$$TF = [Metal]_{aérea} / [Metal]_{raíz}$$

Dónde:

TF = Factor de traslocación

$[Metal]_{raíz}$ = 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.

- Si el $TF > 1$ significa que la planta traslada eficazmente los metales pesados de la raíz a la parte aérea de la planta (Baker y Brooks, 1989), por lo que su potencial es la de hiperacumular metales en la parte aérea.
- Si el $TF < 1$ significa que la planta no traslada eficazmente los metales pesados a la raíz a la parte aérea de la planta, por lo que su potencial es la de fitoestabilizar metales en sus raíces.

3. Hipótesis

Las especies de flora herbácea silvestre con mayor nivel de importancia que se desarrollan en las zonas de pasivos mineros El Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, presentan concentraciones de metales pesados.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables.

Tabla 1: Operacionalización de variables

Tipo de Variable	Nombre de la Variable	Definición conceptual	Definición Operacional		Técnica	Instrumento de Medición	Fuente que de la Información
			Indicador	Índice			
Variable Independiente	Concentración de metales pesados en suelo	Los metales pesados, se pueden encontrar en el suelo tanto de forma natural, es decir, procedentes de la roca madre o bien haber sido incorporados al mismo de forma antropogénica (García, Moreno, Hernández, & Polo, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> - Aluminio - Arsénico - Cadmio - Cromo - Cobre - Hierro - Mercurio - Magnesio - Manganeso - Níquel - Plomo - Antimonio - Estaño - Estroncio - Talio - Zinc 	mg/kg	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Informe de ensayo

Tipo de Variable	Nombre de laVariable	Definición conceptual	Definición Operacional		Técnica	Instrumento de Medición	Fuente que de la Información
			Indicador	Índice			
Variable Dependiente	Concentración de metales pesados en la flora herbácea silvestre	El factor de bioconcentración en el caso de los metales pesados se define como la proporción entre la concentración del metal en la biomasa de las plantas y la concentración del metal en el suelo donde crece. Este es un factor determinante de la eficiencia de una planta para remover los metales del suelo (Sánchez Pinzon , 2010)	Grupo Taxonómico	Clasificación Taxonómica y Nivel de importancia	Herborización, Metro Cuadrado, Técnicas de muestreo aleatorio estratificado	Guía de inventario de la flora y vegetación (MINAM)	Las Plantas
			- Aluminio - Arsénico - Cadmio - Cromo - Cobre - Hierro - Mercurio - Magnesio - Manganeso - Níquel - Plomo - Antimonio - Estaño - Estroncio - Talio - Zinc	mg/kg	Espectrofotometría de Asorción Atómica	Espectrofotometría de Asorción Atómica	Informe de ensayo

Fuente: Elaboración propia

3.2. Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo No Experimental, dado que no se realiza una manipulación deliberada de las variables. Asimismo, es transversal, correlacional – causal, puesto que el objetivo del proyecto es describir la relación existente de la concentración de metales pesados entre el suelo y las especies de flora herbácea silvestre en la zona del Sinchao

3.3. Unidad de estudio

Cada una de las especies de flora herbácea silvestre que se desarrollan en la zona de pasivos mineros El Sinchao.

3.4. Población

Todas las especies de flora herbácea silvestre que se desarrollan en la zona de pasivos mineros el Sinchao.

3.5. Muestra (muestreo o selección)

En el presente trabajo la población muestral será obtenida de dos lugares, donde uno de ellos presenta contaminación y el otro no cuenta con alteraciones por actividad minera, para ello se recolectaron 22 muestras, en las que 20 corresponden a especies de flora herbácea silvestre y 2 a suelos, cabe señalar que para el muestreo se tuvo en cuenta el análisis tanto de la parte aérea como de la raíz de cada una de las cinco especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia, tomando 350 gr tanto para tejido vegetal como para suelo, finalmente en cada muestra se analizaron los 31 metales pesados, pero solo se tomaron en consideración 16 de ellos por ser de mayor importancia para este estudio.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.

3.6.1. Técnicas.

- **Determinación del área.**

Según la Guía de inventario de la flora y vegetación (MINAM, 2015), señala que primeramente se realiza una preparación de la cartografía básica, donde se procede a realizar la identificación de los ríos y quebradas principales, posteriormente a ello la información que se generó se encuentra en coordenadas geográficas.

Además, el ámbito de estudio no es muy amplio, dado que es un distrito, por ende se vio conveniente utilizar coordenadas proyectadas, refiriendo la zona UTM como 17S, finalmente se utilizó el datum WGS 84.

Posteriormente, se obtuvo una imagen satelital proporcionada por el software ArcMap, el cual nos permitió delimitar el área de estudio, para continuar con la georreferenciación, lo cual nos va a permitir corregir geoméricamente y con ello eliminar las distorsiones indeseables debido a la curvatura de la tierra.

Finalmente, se realizó una primera visita al área de estudio, donde se obtuvieron las coordenadas para establecer las estaciones y puntos de muestro (Tabla N°2), seguidamente se efectuó el proceso de mapeo, utilizando el software ArcGis, el que nos permitió reconocer el área de estudio, ríos principales y curvas de nivel (Figura 1).

Tabla 2: Coordenadas de la Zona de estudio El Sinchao

ESTACIONES	COORDENADAS		ALTURA (m.s.n.m.)
	ESTE	NORTE	
Estación N° 1	758 928	9 256 179	3 531
Estación N° 2	758 269	9 256 634	3 774
Estación N° 3	757 891	9 257 216	3 748
Estación N° 4	757 534	9 257 412	3 739
Estación N° 5	757 652	9 257 432	3 743

Fuente: Elaboración propia

- **Estudio de Flora**

Para la identificación de especies de flora herbácea silvestre, se realizó una segunda visita al área de estudio, con la finalidad de identificar las especies de flora herbácea silvestre, para ello se utilizó una técnica de muestreo, la cual es definida por la Guía de inventario de la flora y vegetación Ministerio del Ambiente MINAM (2 015), como el levantamiento de información cuantitativa y cualitativa en pequeñas áreas representativas, con el objeto de poder estimar los valores de sus parámetros.

Luego del estudio de las diferentes técnicas de muestreo, se optó por la utilización de la técnica aleatoria estratificado, según Ministerio del Ambiente MINAM (2 015) este tipo de muestreo requiere de la estratificación del área a evaluar y en donde la selección de las muestras es aleatoria, pero solo al interior de cada estrato o unidad de vegetación. Teniendo en cuenta ello, se definieron cinco estaciones, creyendo conveniente la toma de tres parcelas por estación. Posteriormente se obtuvieron las coordenadas por punto de muestreo (Ver Tabla N°3).

La forma y distribución de unidades de muestreo, pueden ser representadas por figuras

geométricas distintas, tales como círculos, cuadrados o rectángulos, para el presente estudio, con el fin de cumplir con el objetivo de la identificación de flora herbácea silvestre, se vio necesario usar el método del metro cuadrado, el cual consiste en realizar pequeñas parcelas de dimensiones fijas, en donde las unidades muestrales están constituidas por cuadrados de 1 m x 1 m tal como se indica en la Guía de inventario de la flora y vegetación Ministerio del Ambiente MINAM (2 015).

Con el fin de identificar la flora herbácea silvestre, se realizó una segunda visita al área de estudio, donde se aplicó el método antes mencionado, para ello se preparó un cuadrado de un metro de lado construido con tripley. El cuadrado fue colocado teniendo en cuenta los lugares con mayor densidad de flora herbácea silvestre, por tres veces dentro del área seleccionada, para así proceder a registrar el número de especies y número de individuos en cada cuadrado. Posteriormente, se procedió a la elaboración de un herbario, el que permitió la recolección, secado (durante 7 días), conservación e identificación de las especies, procediendo posteriormente a elaborar un inventario de los tipos de vegetación encontrados, donde la información fue obtenida mediante un conteo directo y se ejecutó una tabla de datos incluyendo el nombre de la especie y el número de individuos encontrados en cada parcela.

Tabla 3: Coordenadas de las parcelas de la zona de estudio El Sinchao

ESTACIONES	PARCELAS	ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m.)
Estación N°1	Parcela N°1	757 654	9 257 417	3 533
	Parcela N°2	757 667	9 257 442	3 530
	Parcela N°3	757 689	9 257 393	3 528
Estación N°2	Parcela N°4	757 509	9 257 413	3 733
	Parcela N°5	757 493	9 257428	3 741
	Parcela N°6	757 571	9 257 443	3 737
Estación N°3	Parcela N°7	757 902	9 257 212	3 748
	Parcela N°8	757 890	9 257 197	3 747
	Parcela N°9	757 910	9 257 201	3 747
Estación N°4	Parcela N°10	758 266	9 256 636	3780
	Parcela N°11	758 269	9 256 619	3 782
	Parcela N°12	758 267	9 256 642	3 781
Estación N°5	Parcela N°13	758 962	9 256 205	3 852
	Parcela N°14	758 954	9 256 187	3 856
	Parcela N°15	758 959	9 256 190	3 858

Fuente: Elaboración propia

- **Especies de flora herbácea silvestre de Mayor Valor de Importancia**

Luego de la elaboración del herbario, se procedió a la determinación del valor de importancia de cada una de las especies de flora herbácea silvestre encontradas en cada parcela del área de estudio, dicho valor en el estudio sobre Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina), los autores Campo y Duval (2 014) citando a (Cottam y Curtis, 1 956), definen a este término como el índice que indica cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema. Asimismo, este valor se obtiene mediante la sumatoria de la frecuencia relativa, la densidad relativa y la dominancia relativa, a continuación se definen las variables implicadas en la determinación del Valor de Importancia.

1. **Densidad Relativa:** Mide el número de ejemplares por unidad muestral que no guarda una relación directa con el área. (Martella et al., 2 012)

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{N^{\circ} \text{ Individuos de una especie en todos los cuadrados}}{N^{\circ} \text{ Total de individuos de todos los cuadrados.}}$$

2. **Densidad de una especie:**

Es la abundancia por unidad espacial (superficie o volumen). A menudo resulta más útil que el tamaño absoluto de la población, ya que la densidad determina aspectos fundamentales como la competencia por los recursos. (Martella et al., 2 012)

$$\text{Densidad de una especie} = \frac{\text{Densidad relativa de una especie} * \text{Densidad Total}}{100}$$

3. **Frecuencia Relativa:** La probabilidad de una especie de aparecer en el muestreo con respecto al total de unidades muestrales., expresada en porcentaje. (Universidad Central de Venezuela, 2 012)

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de una especie}}{\text{Frecuencia Total de especies}} * 100$$

4. **Frecuencia de una especie:** es la probabilidad de encontrar dicho atributo (uno o más individuos) en una unidad muestral particular. Se expresa como porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece (mi) en relación con el número total de unidades muestrales. (Comunidades, 2 004)

$$\text{Frecuencia de una especie} = \frac{N^{\circ} \text{ cuadrados en los que aparce una especie}}{N^{\circ} \text{ Total de cuadrados}}$$

- 5. Dominancia de una especie:** Las especies dominantes son las que predominan y determinan la naturaleza de la comunidad, estas son las de mayor éxito ecológico y pueden determinar las condiciones bajo las cuales las especies asociadas tienen que crecer.

Dom. de una Esp.= *Densidad de una especie* * *Prom. de dominancia de la especie*

3.6.2. Instrumentos.

En la presente investigación se utilizaron los instrumentos que se describen a continuación:

- Gps.
- Bolsas ziploc para recolección de muestras.
- 2 Cooler de tecnopor brindado por el laboratorio.
- Pico pequeño para la extracción de las muestras.
- Guantes quirúrgicos.
- Cámara fotográfica.
- Prensa botánica
- Periódicos para conservar muestras a analizarse.
- Libreta de Campo
- Pala
- Balde
- Balanza Digital
- Raffia
- Tijeras
- Plumón Indeleble
- Cinta Masking

3.6.3. Procedimiento de Recolección de Datos

Para la obtención de los datos, se vio conveniente efectuar una tercera visita al área de estudio, con la finalidad de obtener las muestras de flora herbácea silvestre, luego de la selección de las especies con mayor valor de importancia, se procedió a la extracción de cada una de ellas, teniendo en cuenta dos lugares de referencia, en el primero de ellos las características del suelo han sido alteradas negativamente por la existencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por la actividad antrópica, adquiriéndose de este lugar seis muestras totales, como se describe a continuación:

- **Muestras de Flora Herbácea Silvestre:**

Para el análisis de la flora, se vio conveniente examinar tanto la parte aérea como la raíz de cada especie, donde se seleccionaron cinco como resultado de los cálculos realizados para determinar el valor de importancia; asimismo, el estudio en plantas es de suma importancia tal como lo menciona (Peña, s.f.) en su estudio de Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación utilizando a la especie *Heliconapsittacorum psittacorum* (Heliconiaceae), en la investigación se señala que “Las plantas acumulan los nutrientes y los almacenan en raíces, lo mismo ocurre en el caso de metales pesados los cuales se acumulan en otros tejidos, siendo útiles así en los procesos de biorremediación” (pg. 470).

- **Muestras de Suelo**

Para la obtención de las muestras de suelo, se tuvo en cuenta el tipo de muestreo de Nivel de Fondo (MF), el cual según la Guía para el Muestreo de Suelos (MINAM, 2 014) ayuda a determinar la concentración de los químicos regulados por el ECA para suelo en sitios contiguos al área contaminada, los mismos que pueden encontrarse en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la considerada, siendo aplicable a metales y metaloides. Asimismo, se tuvo en cuenta este tipo de muestreo, ya que se trata de un sitio con antecedentes de presencia natural de sustancias potencialmente tóxicas, por tal razón también se realizó una toma de muestras fuera del área de influencia del contaminante, pero de características geográficas similares, que sirvan para establecer los niveles de fondo de dichos contaminantes.

Por otro lado, se consideró la aplicación de la técnica de muestreo para Muestras Superficiales, la cual es descrita en la Guía para el Muestreo de Suelos por el Ministerio del Ambiente MINAM (2 014), donde se indica que se debe tener en cuenta una profundidad de aproximadamente un metro, considerando la realización de hoyos, lo cual es permisible para la toma de muestras compuestas. Sin embargo, se realizaron hoyos de 20 cm por tratarse de especies de flora herbácea, tal como se señala en (Bolsa de Comercio de Rosario, s.f.)

Con la finalidad de obtener una muestra representativa, se sometió a partición el volumen del suelo, para ello se cuarteó la muestra mezclada y se repitió el proceso hasta que se llegó a la cantidad de material necesario, que en este caso fue de 350 gr solicitado por el laboratorio a realizar los análisis.

3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

3.7.1. Métodos.

Se hizo uso de la medida estadística denominada correlación lineal, dado que permite identificar la relación existente entre variables, en la investigación se cuenta con dos variables tales como: Concentración de metales pesados en suelo y concentración de metales pesados en plantas, dichas variables presentan un indicio de que entre ellas existe un grado de dependencia y asociación, por esta razón se vio conveniente medir y expresar la relación existente mediante el coeficiente de Pearson.

Asimismo, se hizo uso de diagramas de esparcimiento, el cual según (Ávila Acosta, 2 003) puede tomar diferentes formas; de la misma manera, el autor señala que este diagrama constituye el primer paso para investigar la relación existente entre dos variables, puesto que la posición y forma de la nube proporciona una idea del tipo de relación existente entre ambas variables, que podría ser directa o positiva cuando el incremento en el valor de una variable significa el incremento en el valor de la otra, y es negativa o inversa cuando el incremento en el valor de una variable genera una disminución en la otra.

La medida estadística mencionada se aplicó de la siguiente manera:

Correlación Lineal: Expresa el grado de asociación o afinidad entre las variables consideradas; asimismo señala que esta medida estadística explica el grado de bondad del ajuste de las líneas de regresión. Específicamente denota la interdependencia entre datos cuantitativos o cualitativos. Además, dentro de esta medida estadística se tendrá en cuenta el término de coeficiente de correlación, el cual según (Ávila Acosta, 2 003) expresa o mide el grado de asociación o afinidad entre las variables relacionadas, entre sus propiedades tenemos a la siguiente:

$$-1 < r < 1$$

Lo que significa que:

- Si $r > 0$, entonces existe correlación directa positiva
- Si $r < 0$, se trata de una correlación inversa negativa
- Si $r^2 = 1$, los datos forman una línea recta
- Si $r = +1$, hay una correlación perfecta positiva
- Si $r = -1$, hay una correlación perfecta negativa
- Si $r = 0$, los datos son incorrelacionados

Posteriormente se realizó un análisis entre las especies de flora herbácea silvestre, con la finalidad de identificar cual de ellas es la especie con mayor capacidad para absorber metales pesados, así como el tipo de metal acumulado y el lugar de la planta donde se concentra (raíz o parte aérea) dicho metal.

- **Análisis de concentración de metales en suelos y tejido vegetal**

Lo correspondiente a los análisis químicos, fueron realizados por el laboratorio de Servicios Analíticos Generales, el cual se encuentra acreditado por INACAL-DA bajo la norma NTP - ISO / IEC 17025:2006, con registro N° LE-047. Asimismo dicha empresa utilizó los siguientes métodos:

- a) **Para Suelo:**

- EPA - Método 200.7 Revisión 4.4 (1 994). Digestión Ácida De Sedimentos, Lodos Y Suelos Revisión 2 De Diciembre De 1996 / Determinación De Metales Y Elementos De Rastreo En Agua Y Residuos Mediante Plasma Inductivamente Acoplado - Espectrometría De Emisión Atómica

- b) **Para tejido vegetal:**

- Método EPA 200.3, Rev.1, Abril.1991. Metales, Total Recuperable En Tejidos Biológicos / Metodo EPA 200.7, Rev.4.4. Versión Emmc 1 994

3.7.2. Instrumentos.

Para el análisis de datos se hizo uso del software IBM SPSS Statics 24, el cual sirvió de apoyo para la determinación de la relación entre las variables mediante los métodos estadísticos de regresión y correlación lineal. Asimismo, se empleó el Microsoft Office Excel 2013 para la realización de cuadros estadísticos y diagramas como: Diagrama de Pastel y de Barras.

3.7.3. Procedimiento de Análisis de Datos.

Se organizaron los resultados en cuadros estadísticos proporcionados por el laboratorio de Servicios Analíticos Generales SAG, donde se cuenta con información para la zona el Sinchao (Impactada por pasivos mineros) y las Gradadas (No Impactada), para seguidamente

efectuar una comparación mediante diagrama de barras entre las concentraciones de metales en suelo y los Estándares de Calidad Ambiental para suelo, así como la comparación de concentración de metales tanto en la raíz, la parte aérea y planta total.

Por otro lado, mediante el método estadístico correlación lineal se logró determinar el coeficiente de Pearson para establecer la relación entre la concentración de metales en el suelo y en cada una de las especies seleccionadas; finalmente, se consideró necesario obtener el factor de bioconcentración (BCF) y el factor de traslocación (TF) el cual nos permitirá identificar si la planta es de tipo fitoestabilizadora o fitoextractora.

CAPITULO 4. RESULTADOS

4.1. Inventario de Flora

Para ello se determinaron 5 estaciones, obteniendo tres parcelas por cada estación, asimismo se realizó la identificación de especies de flora herbácea silvestre y también se efectuó un conteo directo, tal como se detalla a continuación:

Tabla 4: Total de especies por parcela.

	Especies	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10	P.11	P.12	P.13	P.14	P.15	TOTAL
1	<i>Calamagrostis tarmensis</i> Pilg.	27	0	0	7	24	4	30	11	20	0	0	0	0	5	1	129
2	<i>Werneria nubigena</i> Kunth	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	<i>Cyperus</i> Sp.	16	3	0	0	0	1	10	0	9	0	0	0	0	0	0	39
4	<i>Paspalum bonplandianum</i> Flügge	73	0	31	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126
5	<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	21	90	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	141
6	<i>Lachemilla vulcanica</i> (Cham. & Schldl). Rydb.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
7	<i>Werneria Stuebelii</i> Kunth	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	6	0	21	0	0	1	4	0	0	0	0	0	22	0	0	54
9	<i>Poaceae</i> Sp1	6	0	0	5	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	16
10	<i>Noticastrum marginatum</i> Kunth Cuatrec.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	<i>Bidens andicola</i> var. <i>Andicola</i>	4	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	3	15
12	<i>Distichia filamentosa</i> Buchenau	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
13	<i>Trifolium repens</i> L.	0	3	0	0	0	0	0	0	0	10	6	9	0	4	7	39
14	<i>Juncus conglomeratus</i> L.	0	3	7	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	19
15	<i>Bulbostylis juncoides</i> (Vahl) Kük. ex Herter	0	3	13	31	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
16	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.ex.Chiov.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17	<i>Gentianella graminea</i> (Kunth) Fabris.	0	0	88	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	90

Especies	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10	P.11	P.12	P.13	P.14	P.15	TOTAL
18 <i>Hieracium laevigatum</i> Hill	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
19 <i>Paranephelius uniflorus</i> A. Gray ex Wedd.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
20 <i>Gaultheria myrsinoides</i> Kunth	0	0	1	2	8	0	3	14	9	0	0	0	0	0	0	37
21 <i>Lysipomia</i> Sp.	0	0	31	30	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
22 <i>Puya</i> sp.	0	0	0	60	6	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	70
23 <i>Jamesonia alstonii</i> A.F.Tryon	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
24 <i>Pentacalia andicola</i> (Turez.) cuatrec.	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
25 <i>Caryophyllaceae</i> sp1.	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	6	0	0	15
26 <i>Eryngium humile</i> cav.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27 <i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
28 <i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L.f.) Druce	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
29 <i>Rumex acetosella</i> L.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	25	0	0	0	65
30 <i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	0	0	0	0	0	26	0	0	0	7	15	6	0	0	0	54
31 <i>Azorella julianii</i> Mathias & Constance	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
32 <i>Poaceae</i> Sp2	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
33 <i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.Steud.)	0	0	0	0	0	14	0	0	0	2	20	13	10	0	9	68
34 <i>Geranium</i> sp.	0	0	0	0	0	4	6	5	4	0	0	0	0	0	0	19
35 <i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Nied.	0	0	0	0	0	0	8	5	6	0	0	0	0	0	0	19
36 <i>Ranunculus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	30	0	17	53
37 <i>Acaulimalva</i> sp.	0	0	0	0	0	0	12	0	7	0	0	0	0	0	0	19
38 <i>Loricaria ferruginea</i> (Ruiz & Pav) Wedd.	0	0	0	0	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	15
39 <i>Plantago australis</i> Lam.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9	0	0	15	11	36
40 <i>Huperzia crassa</i> (Humb. & Bonpl.ex Willd.) Rothm.	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
41 <i>Cladonia</i> Sp1.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
42 <i>Cladonia</i> Sp2.	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9

Especies	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10	P.11	P.12	P.13	P.14	P.15	TOTAL
43 <i>Graphalium sp1.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
44 <i>Dactylis glomerate L.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	10	0	0	0	26
45 <i>Taraxacum officinale (L.) Weber ex F.H.Wigg.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	4
46 <i>Ageratum conyzoides (L.) L.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
47 <i>Achyrocline alata (Kunth)DC.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	7	0	0	0	19
48 <i>Daucus montanos Humb. & Bonpl. Ex schult.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	2	0	8
49 <i>Capsella bursa - pastoris (L.) Medik</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
50 <i>Vicia gramínea sm.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0	6
51 <i>Viola arvensis Murray</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
52 <i>Portulacaceae sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
53 <i>Lupinus microphyllus Desr.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
54 <i>Polypogon sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	5
55 <i>Asteraceae sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	27
56 <i>Plantago sericea Ruiz & Pav.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
57 <i>Castilleja sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	8	18
58 <i>Oreomyrrhis andicola (Kunth) Endl. ex Hook. f.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8
59 <i>Stachys sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	7
60 <i>Saxifraga magellianica Poir.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
61 <i>Helecho sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
62 <i>Lachemilla orbiculata (Ruiz & Pav) Rydb.</i>	0	0	30	0	0	0	0	24	17	11	13	21	0	27	14	157
63 <i>Thamnia vermicularis (Sw.) Ach. Ex. Schaeer Subsp Vermicularis.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	161	103	259	138	77	134	80	101	79	64	154	96	99	57	71	1673

Fuente: Elaboración propia

4.2. Taxonomía de la flora herbácea silvestre

Luego de los resultados por parcela, se procedió a realizar un listado de todas las especies identificadas, haciendo un total de 63 especies de flora herbácea silvestre.

Tabla 5: Taxonomía de flora herbácea silvestre

N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
1	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis tarmensis</i> Pilg.	Icho o paja hualte
2	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Werneria	<i>Werneria nubigena</i> Kunth	Lirio
3	-	-	-	-	<i>Cyperus</i> Sp.	-
4	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum bonplandianum</i> Flüggé	Nudillo de jalca
5	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Carex	<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	Cortadera
6	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla vulcanica</i> (Cham. & Schltldl). Rydb.	-
7	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Werneria	<i>Werneria Stuebelii</i> Kunth	-
8	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Hypochaeri	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	Sacha rosa
9	-	-	-	-	<i>Poaceae</i> Sp1	-
10	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Noticastrum	<i>Noticastrum marginatum</i> Kunth Cuatrec.	Tabera
11	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Bidens	<i>Bidens andicola</i> var. <i>Andicola</i>	Chillkiwa, muni
12	Equisetopsida	Poales	Juncaceae	Distichia	<i>Distichia filamentosa</i> Buchenau	-
13	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Trifolium	<i>Trifolium repens</i> L.	Trébol
14	Magnoliopsida	Poales	Juncaceae	Juncus	<i>Juncus conglomeratus</i> L.	Junco
15	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Bulbostylis	<i>Bulbostylis juncooides</i> (Vahl) Kük. ex Herter	-
16	Liliopsida	Poales	Poaceae	Pennisetum	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.ex.Chiov.	quicuyo
17	Magnoliopsida	Gentianales	Gentianaceae	Gentianella	<i>Gentianella graminea</i> (Kunth) Fabris.	-
18	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Hieracium	<i>Hieracium laevigatum</i> Hill	-
19	Equisetopsida	Asterales	Asteraceae	Paranephelium	<i>Paranephelium uniflorus</i> A. Gray ex Wedd.	-
20	Equisetopsida	Ericales	Ericaceae	Gaultheria	<i>Gaultheria myrsinoides</i> Kunth	-
21	Magnoliopsida	Asterales	Campanulaceae	Lysipomia	<i>Lysipomia</i> Sp.	-
22	Liliopsida	Poales	Bromeliaceae	Puya	<i>Puya</i> sp.	-

N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
23	Equisetopsida	Polypodiales	Pteridaceae	Jamesonia	<i>Jamesonia alstonii</i> A.F.Tryon	-
24	Equisetopsida	Asterales	Asteraceae	Pentacalia	<i>Pentacalia andicola</i> (Turez.) cuatrec.	-
25	-	-	-	-	<i>Caryophyllaceae sp1.</i>	-
26	Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae	Eryngium	<i>Eryngium humile</i> cav.	-
27	Equisetopsida	Funariales	Funariaceae	Funaria	<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	-
28	Equisetopsida	Gentianales	Rubiaceae	Nertera	<i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L.f.) Druce	-
29	Magnoliopsida	Fabales	Polygoniaceae	Rumex	<i>Rumex acetosella</i> L.	Acedereilla
30	Equisetopsida	Asterales	Asteraceae	Gnaphalium	<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	-
31	Equisetopsida	Apiales	Apiaceae	Azorella	<i>Azorella julianii</i> Mathias & Constance	-
32	-	-	-	-	<i>Poaceae Sp2</i>	-
33	Liliopsida	Cyperales	Poaceae	Muhlenbergia	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.Steud.)	-
34	Magnoliopsida	Geraniales	Geraniaceae	Geranium; L., 1753	<i>Geranium sp.</i>	-
35	Magnoliopsida	Ericales	Ericaceae	Disterigma	<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Nied.	Pushgay
36	Magnoliopsida	Ranunculales	Ranunculaceae	Ranunculus L.	<i>Ranunculus sp.</i>	-
37	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Acaulimalva Krapov.	<i>Acaulimalva sp.</i>	-
38	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Loricaria	<i>Loricaria ferruginea</i> (Ruiz & Pav) Wedd.	Pata de cuy
39	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago australis</i> Lam.	Llantén
40	Lycopodiopsida	Lycopodiales	Lycopodiaceae	Huperzia	<i>Huperzia crassa</i> (Humb. & Bonpl.ex Willd.) Rothm.	-
41	Lecanoromycetes	Lecanorales	Cladoniaceae	Cladonia P.Browne	<i>Cladonia Sp1.</i>	Musgos o Liquen
42	-	-	-	-	<i>Cladonia Sp2.</i>	-
43	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Gnaphalium L.	<i>Graphalium sp1.</i>	-
44	Liliopsida	Poales	Poaceae	Dactylis	<i>Dactylis glomerate</i> L.	Pasto ovillo

N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
45	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Taraxacum	<i>Taraxacum officinale (L.) Weber ex F.H.Wigg.</i>	Diente de León
46	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Ageratum	<i>Ageratum conyzoides (L.) L.</i>	Huarmi
47	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Achyrocline	<i>Achyrocline alata (Kunth)DC.</i>	Marcela
48	Equisetopsida C. Agardh	Apiales Nakai	Apiaceae Lindl.	Daucus L.	<i>Daucus montanos Humb. & Bonpl. Ex schult.</i>	Culantrillo
49	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Capsella	<i>Capsella bursa - pastoris (L.) Medik</i>	Bolsa de pastor
50	Equisetopsida	Fabales	Fabaceae	Vicia	<i>Vicia graminea sm.</i>	Vicia chica
51	Equisetopsida	Malpighiales	Violaceae	Viola	<i>Viola arvensis Murray</i>	Pensamiento silvestre
52	-	-	-	-	<i>Portulacaceae</i>	Ojo de pollo
53	Equisetopsida	Fabales	Fabaceae	Lupinus	<i>Lupinus microphyllus Desr.</i>	Khera
54	-	-	-	-	<i>Polypogon sp.</i>	-
55	-	-	-	-	<i>Asteraceae sp.</i>	-
56	Equisetopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago sericea Ruiz & Pav.</i>	Llantén
57	-	-	-	-	<i>Castilleja sp.</i>	-
58	Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae	Oreomyrrhis	<i>Oreomyrrhis andicola (Kunth) Endl. ex Hook. f.</i>	Culantrillo
59	-	-	-	-	<i>Satachys sp.</i>	-
60	Equisetopsida	Saxifragales	Saxifragaceae	Saxifraga	<i>Saxifraga magellanica Poir.</i>	-
61	-	-	-	-	<i>Helecho sp.</i>	-
62	Lecanoromycetes	Pertusariales	Icmadophilaceae	Thamnia	<i>Thamnia vermicularis (Sw.) Ach. Ex. Schaer Subsp Vermicularis.</i>	líquen
63	Equisetopsida	Rosales		Lachemilla	<i>Lachemilla orbiculata (Ruiz & Pav) Rydb.</i>	Chirifruta

Fuente: Elaboración propia

4.3. Índice de Valor de Importancia

Para determinar el valor de importancia se realizaron diferentes cálculos como: la densidad, densidad relativa, frecuencia, frecuencia relativa y dominancia. Luego de ello se tomó en cuenta las cuatro especies con un valor de importancia mayor, entre ellas se tienen: *Calamagrostis tarmensis* Pilg., *Paspalum bonplandianum* Flüggé, *Carex pichinchensis* Kunth y *Lachemilla orbiculata* (Ruiz & Pav) Rydb. Asimismo, se vio conveniente incluir al estudio la planta *Juncus Conglomeratus* L, dado que (Peña Salamanca, Madera Parra, Sánchez, & Medina Vásquez, s.f.) en su estudio de Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: caso *Heliconapsittacorum psittacorum* (Heliconiaceae) señalan que “La especie de la familia Brassicaceae, y plantas acuáticas del género *Juncus*, serían especies con gran potencial de captación de metales pesados, donde el papel de esta planta en la fitorremediación puede ser como hiperacumuladora de metales.

Tabla 6: Especies de flora herbácea silvestre con mayor Valor de Importancia

ESPECIE	VALOR DE IMPORTANCIA
<i>Calamagrostis tarmensis</i> Pilg.	30.85
<i>Paspalum bonplandianum</i> Flüggé	17.92
<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	19.82
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav) Rydb.	35.62
<i>Juncus conglomeratus</i> L.	3.10

Fuente: Elaboración propia

- ***Calamagrostis tarmensis* Pilg.**

Calamagrostis es un género de plantas herbáceas de la familia Poaceae con alrededor de 290 especies. Estas hierbas perennes comúnmente adventicias, poseen hojas estrechas y sin pubescencia, formando penachos. Las lígulas suelen ser romas. Las inflorescencias forman una panícula, en algunas especies de color rojizo. Las raíces pueden ser rizomatosas, estoloníferas o cespitosas. (Tropicos, s.f.).

- ***Paspalum bonplandianum* Flüggé**

Este tipo de flora silvestre corresponde a hierbas en macollas laxas, a veces rastreras las cuales llegan a medir hasta 15 cm de alto, presentan un color verde azulado y están densamente cubiertas de pelos blancos. Asimismo, las hojas son lanceoladas y tienen una vaina en la base, la lámina es estrecha y mide hasta 8 cm de largo. Por otro lado, las inflorescencias crecen sobre tallos rojizos, son racimos compuestos, laxos y contienen hasta 9 espiguillas; las flores son muy reducidas, de color verde amarillento (Tropicos, s.f.).

- ***Carex pichinchensis Kunth***

Según el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (2 014) esta especie es una herbácea de 40 cm, hojas de borde cortante y de color verde oscuro el haz, envés verde claro, flores en espigas de color café a negro al madurar, hábitat en zona de humedales y margen de cañadas. Se la utiliza como forraje de animales y para las cubiertas de techos de casas.

- ***Lachemilla orbiculata (Ruiz & Pav) Rydb.***

Según Missouri Botanical Garden (2 014) esta flora herbácea son hierbas rastreras, las cuales forman alfombras al nivel del suelo. Asimismo, señala que las hojas están dispuestas en una roseta en la base, miden hasta 3,5 cm de largo, tienen forma orbicular-arriñonada, la superficie con vello blanco; los bordes tienen de 9 a 11 lóbulos, son dentados; el pecíolo es alargado y rojizo. Por otro lado, la inflorescencia es poco llamativa, mide 3 cm de largo. También cuenta con flores que miden hasta 4 mm de largo, son de color verde-amarillento.

Finalmente, se señala en la revista que están distribuidas entre los países de Colombia a Perú, es una planta muy común, especialmente en áreas alteradas y de pastoreo.

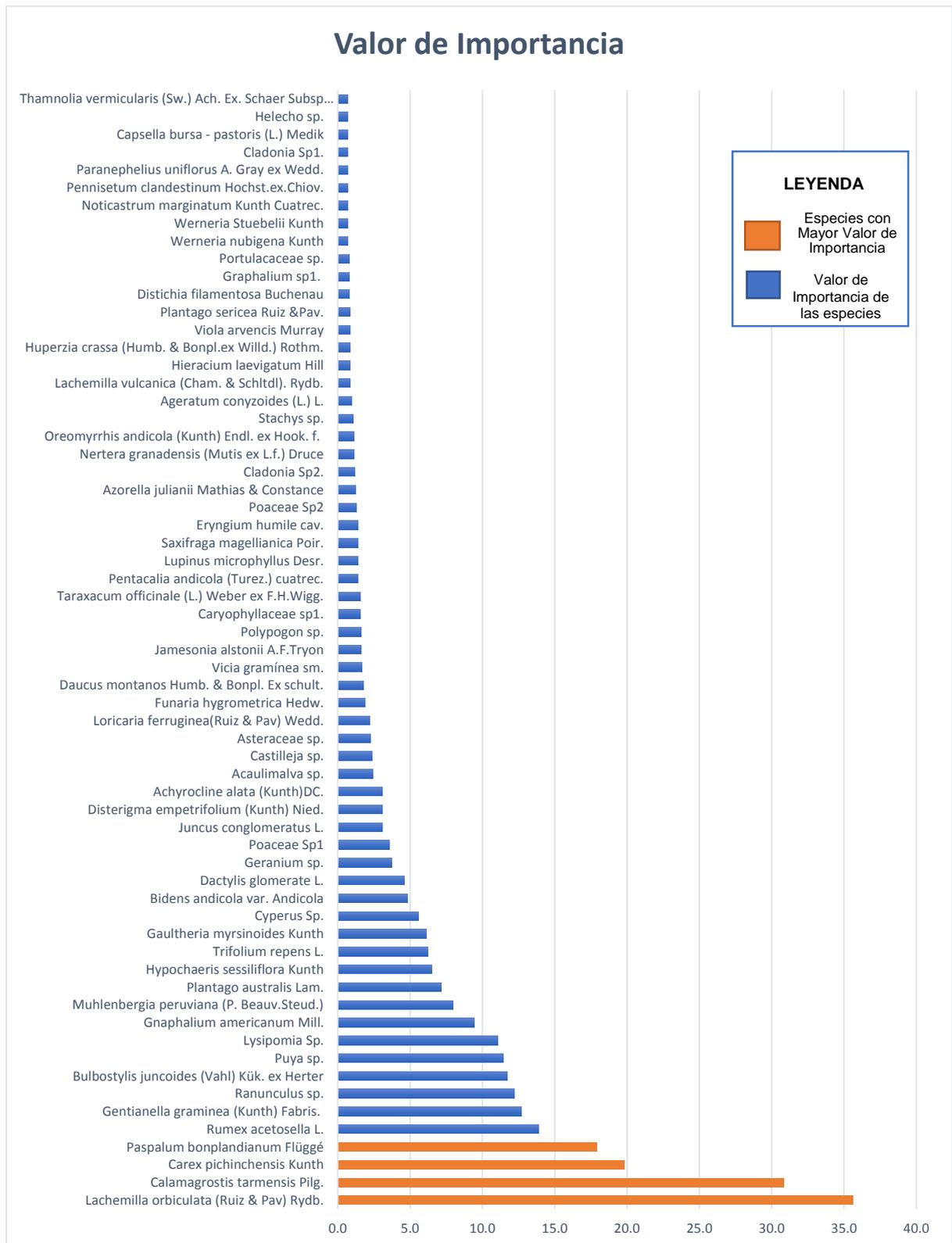
- ***Juncus conglomeratus L.***

En la revista Asturnatura (2008). Se indica que es una planta perenne, de hasta 100 cm de altura, muy cespitosa, con un rizoma corto del que surgen tallos erguidos, de sección cilíndrica o algo comprimidos, de hasta 3 mm de diámetro y con hasta 30 estrías longitudinales más marcadas bajo la inflorescencia. Asimismo, las hojas son cilíndricas y no septadas. Las flores se reúnen en inflorescencias compactas, de hasta 2.5 cm, en la var. *conglomeratus* y más laxa, de hasta 4 cm, en la var. *laxus*; están sostenidas por una bráctea inferior de hasta 18 cm de longitud que simula la continuación del tallo. De la misma forma, su perianto consta de 6 tépalos de 2 - 2.6 mm, iguales o algo más largos los externos, de forma lanceolada u ovada, largamente subulados, acuminados, con una banda central verde grisácea y dos laterales pardas con el margen hialino muy estrecho. El androceo consta de 3 estambres de entre la mitad y dos tercios la longitud del perianto, con las anteras, de hasta 0.7 mm, más cortas que los filamentos, de hasta 0.9 mm. El gineceo consta de un ovario que emite un estilo muy corto que finaliza en 3 estigmas de 0.6 - 1 mm. El fruto es una cápsula tan larga o algo más corta que el perianto, de forma obovada a elipsoidal, trígona, con una prolongación cónica en la base del estilo; en su interior hay varias semillas de hasta 0.5 mm, ovoideas, apiculadas y reticuladas.

Hábitat y ecología: En la misma revista se señaló que esta herbácea crece en prados y juncuales húmedos. Es característica de comunidades del Orden Molinetalia coeruleae (Clase Molinio - Arrhenatheretea), formado por prados higrófilos cuyo óptimo es eurosiberiano. Son características también plantas como *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Carex ovalis*, *Carum verticillatum*, *Cirsium palustre*, *Cirsium rivulare*, *Dactylorhiza incarnata*, *Dactylorhiza elata subsp. sesquipedalis*, *Equisetum palustre*, *Hypericum undulatum*, *Juncus acutiflorus*, *Juncus conglomeratus*, *Juncus effusus*, *Lotus pedunculatus*, *Lychnis flos-cuculi*, *Myosotis lamottiana*, *Pedicularis foliosa*, *Ranunculus acer*, *Senecio aquaticus*, *Trollius europaeus* y *Valeriana dioica*.

Requerimientos ecológicos: Uno de los principales requerimientos es referido a la luz, dado que crece a plena luz aunque soporta sombra. En lo concerniente a temperatura se desarrolla en calor moderado, en piso montano principalmente., perteneciente a la continentalidad Suboceánica; igualmente, no soporta heladas tardías ni temperaturas extremas. Con respecto a la humedad, se reproduce en suelos húmedos o muy húmedos; es indicadora de humedad, y esta presente en suelos ácidos con un pH entre 3.5 - 5.5; está presente en suelos muy pobres en nitrógeno.

Gráfico 1: Índice de Valor de Importancia de las especies de flora herbácea silvestre



Fuente: Elaboración propia

4.4. Resultados de Análisis De Suelo

A continuación, se muestran los dos resultados de los análisis de suelo, donde una de ellas fue obtenida de la zona denominada “Las Gradass” y la otra de la zona de estudio “El Sinchao”, dichas muestras fueron analizadas por “Servicios Analíticos Generales S.A.C.”, los cuales proporcionaron los resultados siguientes:

Tabla 7: Concentración de metales en suelos. Las Gradass y El Sinchao

Metales (mg/kg)	Las Gradass	El Sinchao
Aluminio (Al)	8 353.7	5 688
Arsénico (As)	29	885
Cadmio (Cd)	1.82	14.29
Cromo (Cr)	0.85	7.65
Cobre (Cu)	56.5	2219.8
Hierro (Fe)	12 300.1	>20 000
Mercurio (Hg)	<0.1	1.4
Magnesio (Mg)	257.5	298.6
Níquel (Ni)	<0.06	<0.06
Manganeso (Mn)	67.82	119.98
Plomo (Pb)	37.83	1570.97
Antimonio (Sb)	0.3	39.2
Estaño (Sn)	0.5	7.1
Estroncio (Sr)	21.7	16
Talio (Tl)	<0.3	2.2
Zinc (Zn)	25.8	373.1

Fuente: Elaboración propia

4.5. Resultados de Tejido Vegetal

El total de muestras analizadas con respecto a tejido vegetal fueron 20, donde 10 fueron obtenidas de la raíz y 10 del tallo de cada planta, tanto del lugar “Las Gradass” y la zona de estudio “El Sinchao”. De la misma forma la empresa “Servicios Analíticos Generales S.A.C.”, proporcionaron los siguientes resultados:

- **Zona Las Gradadas**

En tejido vegetal se obtuvieron 10 muestras, correspondiendo 5 a la parte de la raíz de cada especie de flora herbácea silvestre y los 5 restantes a la parte aérea, obtenidas de la zona Las Gradadas, la cual no cuenta con alteraciones físicas ni químicas por ningún tipo de explotación minera, en las siguientes tablas se muestran los resultados por especie:

Tabla 8: Concentración de metales en Suelo no Contaminado - Las Gradadas

Metal (mg/kg)	SUELO NO CONTAMINADO – LAS GRADAS									
	<i>Calamagrostis</i>		<i>Paspalum bonplandianum</i>		<i>Carex pichinchensis</i>		<i>Lachemilla orbiculata</i>		<i>Juncus conglomeratus</i>	
	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz
Aluminio (Al)	24	131.5	422.7	1184.3	18.6	252.8	123	536.1	26.8	879.6
Arsénico (As)	0.8	2.2	4.8	6.5	0.9	1.4	1.4	2.8	0.3	10.1
Cadmio (Cd)	0.06	0.18	1.02	1.54	0.07	0.27	1.95	4.4	0.99	2.58
Cromo (Cr)	0.4	0.5	1.94	1.92	0.11	0.22	0.21	0.48	0.07	1.45
Cobre (Cu)	3.2	4.4	18.1	30.7	16.8	37.6	12.6	16.4	10.4	40.6
Hierro (Fe)	89.3	276	1063.4	1686.3	81	519.3	327.5	790.1	191.7	4296.6
Mercurio (Hg)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Magnesio (Mg)	485	382.5	1 843	1 166.5	1 045.4	605.6	1 878.4	942.2	1 448.0	850.2
Manganeso (Mn)	233.54	176.66	399.48	393.01	369.91	129.24	429.74	476.95	281.09	235.65
Níquel (Ni)	0.07	0.11	1.44	2.15	0.65	0.44	1.31	0.82	0.20	0.77
Plomo (Pb)	0.48	0.89	12.79	28.4	0.58	1.9	4.21	20.28	1.11	27.28
Antimonio (Sb)	<0.2	0.3	<0.2	0.4	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2
Estaño (Sn)	0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2
Estroncio (Sr)	5.9	10.3	14.9	6.8	11.2	9.1	67.3	43.9	11.5	9.2
Talio (Tl)	0.3	0.3	0.6	1.2	<0.3	0.7	0.7	0.9	0.4	0.6
Zinc (Zn)	14.1	24	261.8	415.6	34.5	35.8	253.6	244.4	93.6	152.6

Fuente: Elaboración propia

- **Zona de pasivos mineros El Sinchao**

En tejido vegetal se obtuvieron 10 muestras, correspondiendo 5 a la parte de la raíz de cada especie de flora herbácea silvestre y las 5 restantes a la parte aérea, obtenidas de la zona El Sinchao, la cual se presume que cuenta con alteraciones físicas y químicas por explotaciones mineras, en las siguientes tablas se muestran los resultados por especie:

Tabla 9: Concentración de metales en Suelo Contaminado - El Sinchao

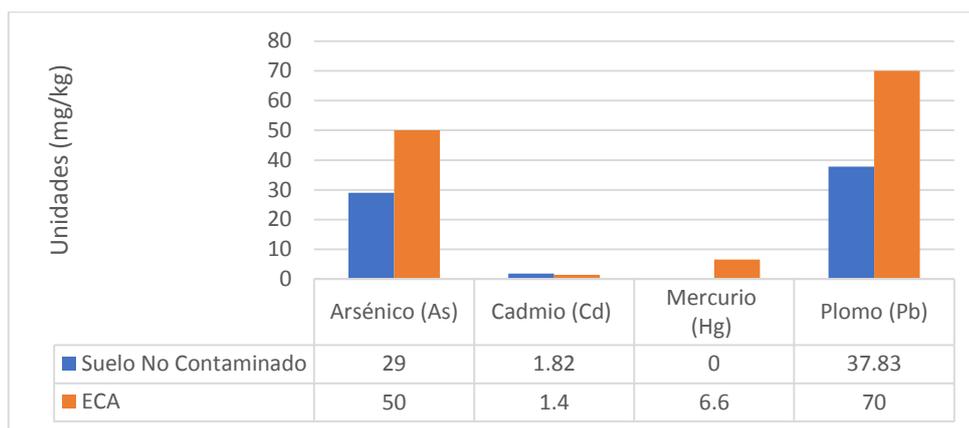
Metal (mg/kg)	SUELO CONTAMINADO – EL SINCHAO									
	<i>Calamagrostis tarmensis</i>		<i>Paspalum bonplandianum</i>		<i>Carex pichinchensis</i>		<i>Lachemilla orbiculata</i>		<i>Juncus conglomeratus</i>	
	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz
Aluminio (Al)	36.2	471.2	305.6	2539.0	45.9	2737.5	112.8	348.9	16.2	571.7
Arsénico (As)	6.8	52.7	15.0	174.5	2.9	188.5	13.3	27.5	2.5	164.2
Cadmio (Cd)	0.52	4.4	0.7	3.58	0.28	2.97	1.29	3.8	0.81	3.73
Cromo (Cr)	0.8	0.65	0.44	2.72	0.15	2.79	0.58	1.26	<0.04	0.04
Cobre (Cu)	45.9	533.7	30.8	166.7	25.1	220.3	24.7	56.1	16.0	163.8
Hierro (Fe)	785.4	14 468.2	1 271.4	14 978.8	247.5	13 806.7	826.6	1 697.0	274.0	12 276.3
Mercurio (Hg)	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Magnesio (Mg)	406.9	125.4	1044.6	590.9	536.1	439.6	967.2	945.3	603.7	375.4
Manganeso (Mn)	515.6	74.40	284.01	206.29	424.82	351.13	293.09	245.74	56.91	42.82
Níquel (Ni)	0.18	3.31	2.00	1.21	2.12	0.90	1.68	0.99	0.43	0.37
Plomo (Pb)	15.59	145.78	10.07	88.73	2.36	103.61	11.83	34.57	1.94	72.53
Antimonio (Sb)	0.3	5.8	0.7	12.3	<0.2	12.0	0.2	2.0	<0.2	6.2
Estaño (Sn)	0.3	0.7	0.3	1.1	0.2	1.0	0.3	0.5	0.2	0.4
Estroncio (Sr)	1.4	2.3	6.5	7.5	3.7	6.7	34.9	24.5	2.6	3.2
Talio (Tl)	4.7	11.9	0.4	0.8	0.5	1.0	0.7	1.0	<0.3	1.5
Zinc (Zn)	81.3	88.4	362.9	397.3	79.9	152.2	268.9	294.1	76.7	218.4

Fuente: Elaboración propia

4.6. Comparación de concentración de metales en suelos con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo

- **Suelo No Contaminado**

Gráfico 2: Comparación de la concentración de metales en Suelo no Contaminado - Las Gradas con los Estándares de Calidad Ambiental

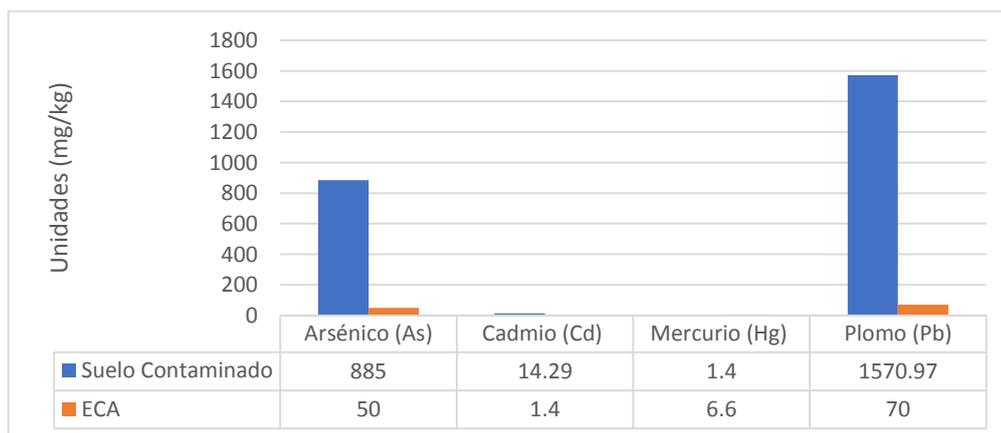


Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico se observa que las concentraciones de Arsénico, Mercurio y Plomo no sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental; sin embargo, la concentración de Cadmio es de 1.82 mg/kg superior a 1.4 mg/kg correspondiente al ECA.

- **Suelo Contaminado**

Gráfico 3: Comparación de la concentración de metales en Suelo Contaminado - El Sinchao con los Estándares de Calidad Ambiental



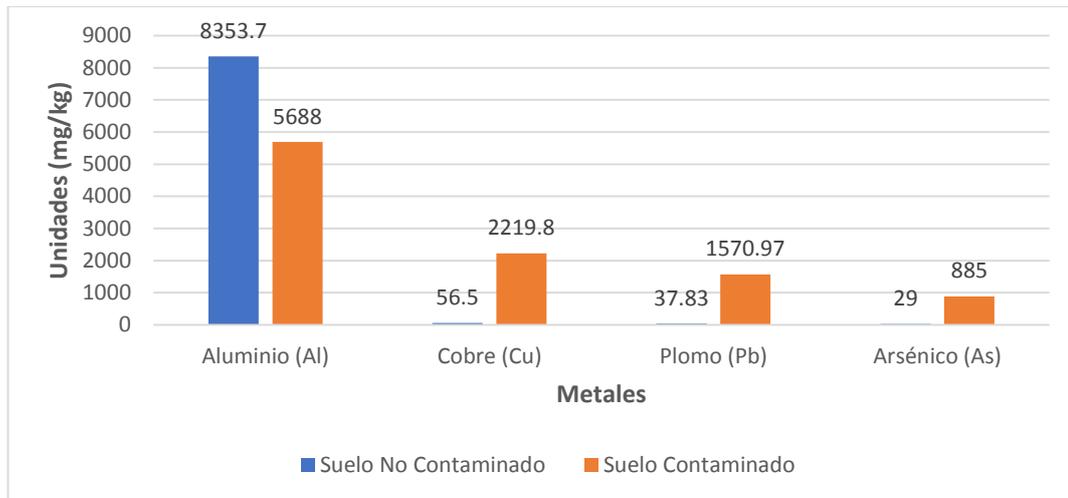
Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico se determinó que las concentraciones de Arsénico, Cadmio y Plomo sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental; sin embargo, la concentración de Mercurio es de 1.4 mg/kg, la cual se mantiene por debajo de 6.6 mg/kg correspondiente al ECA.

4.7. Comparación del suelo entre la zona Las Gradas y pasivos mineros El Sinchao

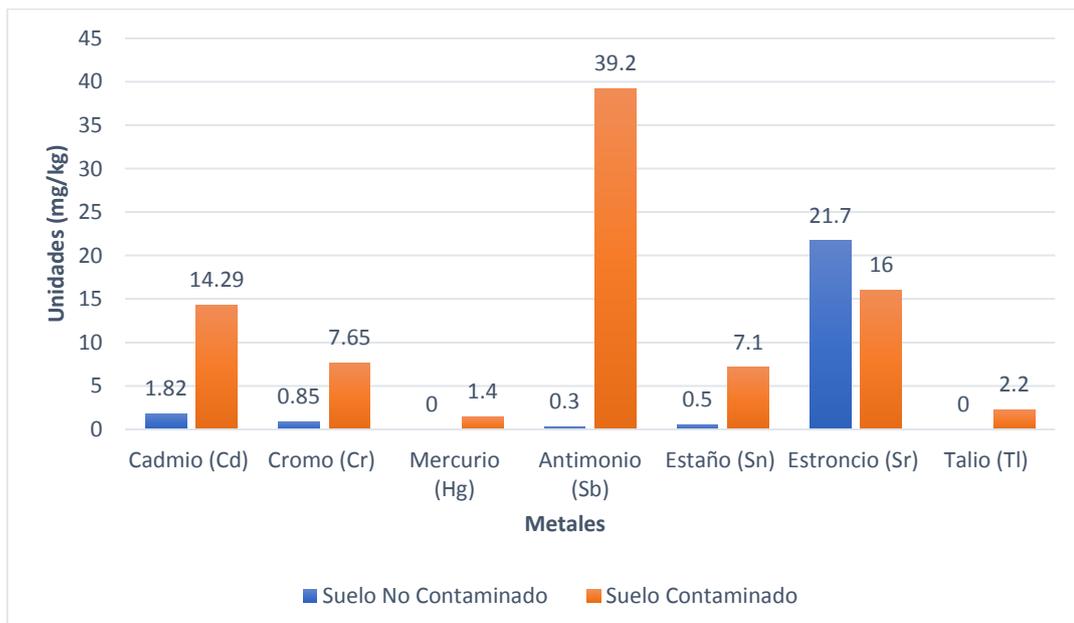
Se realizó una comparación de las concentraciones de metales en el suelo entre la zona impactada (El Sinchao) y no impactada (Las Gradas) con la finalidad de evidenciar alteraciones en el área de estudio.

Gráfico 4: Comparación de los metales Al, Cu, Pb y As en Suelos no Contaminados y Suelos Contaminados



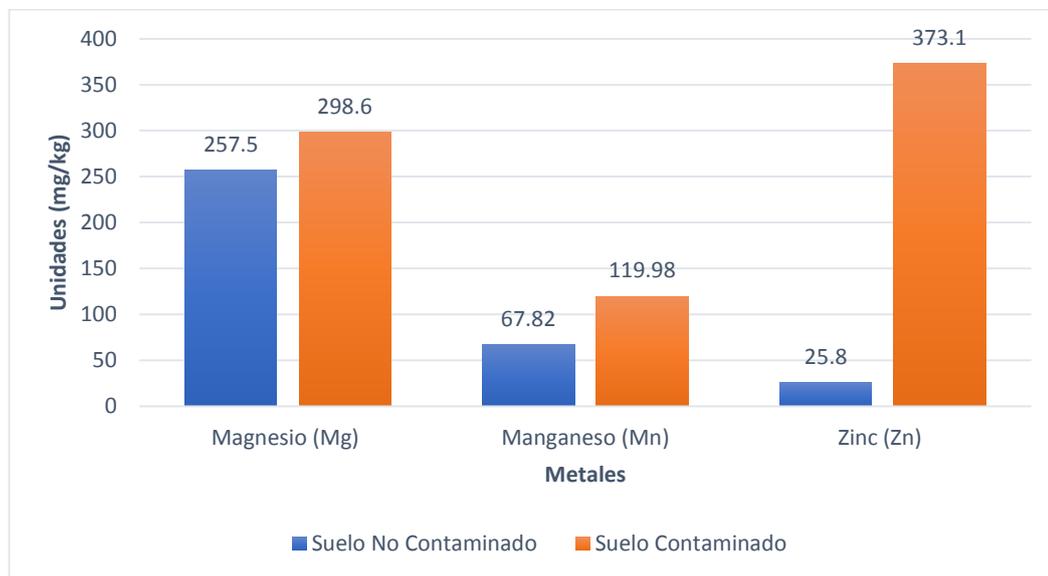
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Comparación de los metales Cd, Cr, Hg, Sb, Sn, Sr y Tl en Suelos no Contaminados y Suelos Contaminados



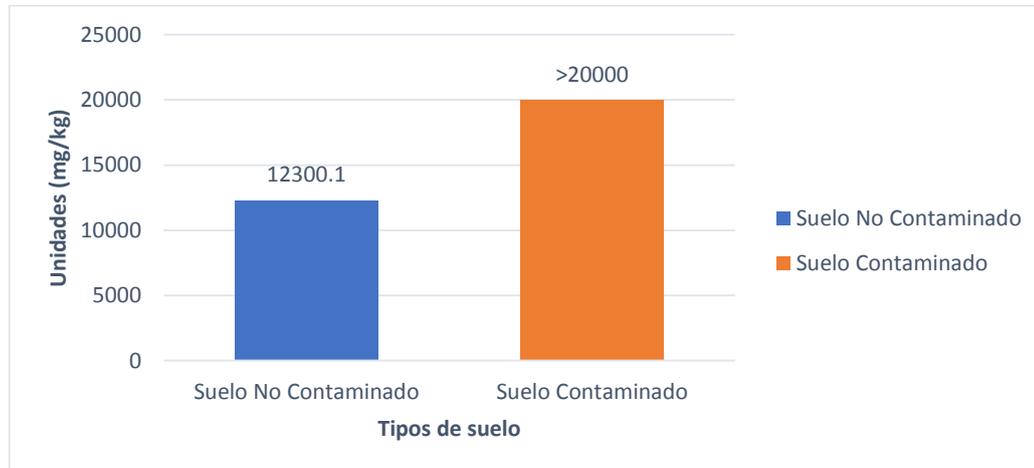
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Comparación de los metales Mg, Mn y Zn en Suelos no Contaminados y Suelos Contaminados



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7: Comparación del metal Fe en Suelos no Contaminados y Suelos Contaminados



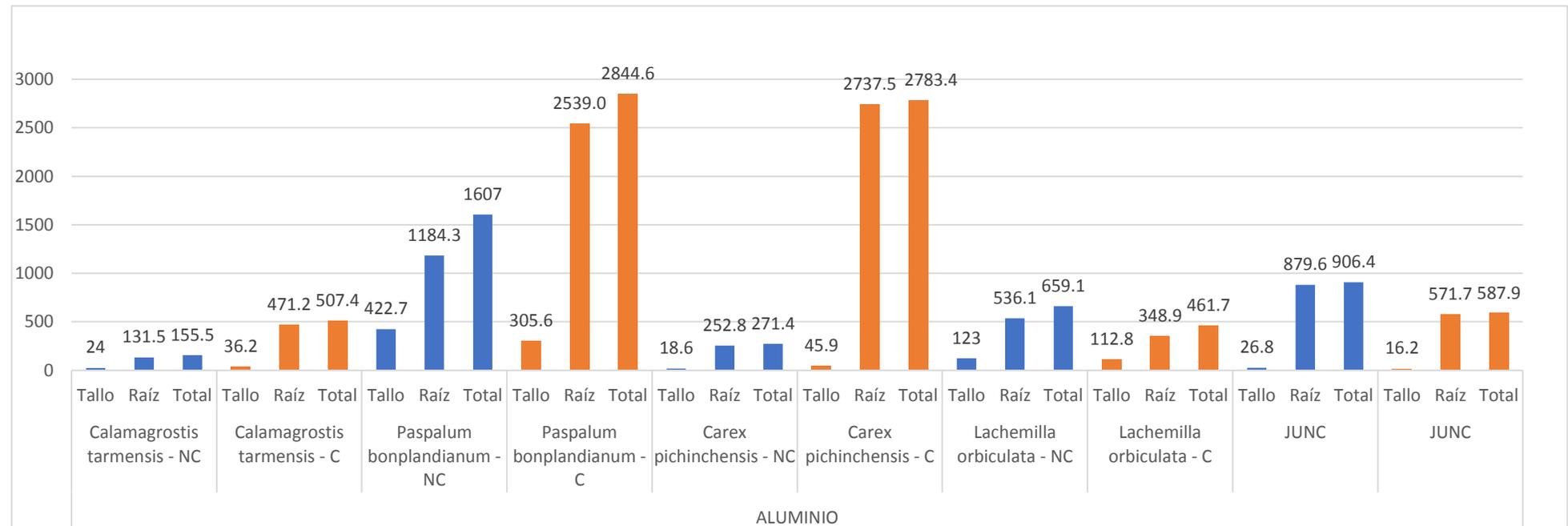
Fuente: Elaboración propia

En los gráficos N°4, 5, 6 y 7, se determinó que los metales Aluminio y el Estroncio presentan mayor concentración en el suelo no contaminado (Las Gradass) con valores de 8353.7 mg/kg y 21.7 mg/kg respectivamente; además, se observa que la mayor cantidad de metales se encontraron en suelos contaminados, siendo el hierro el metal que presentó mayor concentración con un valor mayor a 2 000 mg/kg en la muestra de suelo.

4.8. Concentración de metales pesados de las cinco especies de flora herbácea silvestre pertenecientes a la zona del Sinchao y Las Gradás.

4.8.1. Concentración de Aluminio.

Gráfico 8: Concentración de Aluminio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre

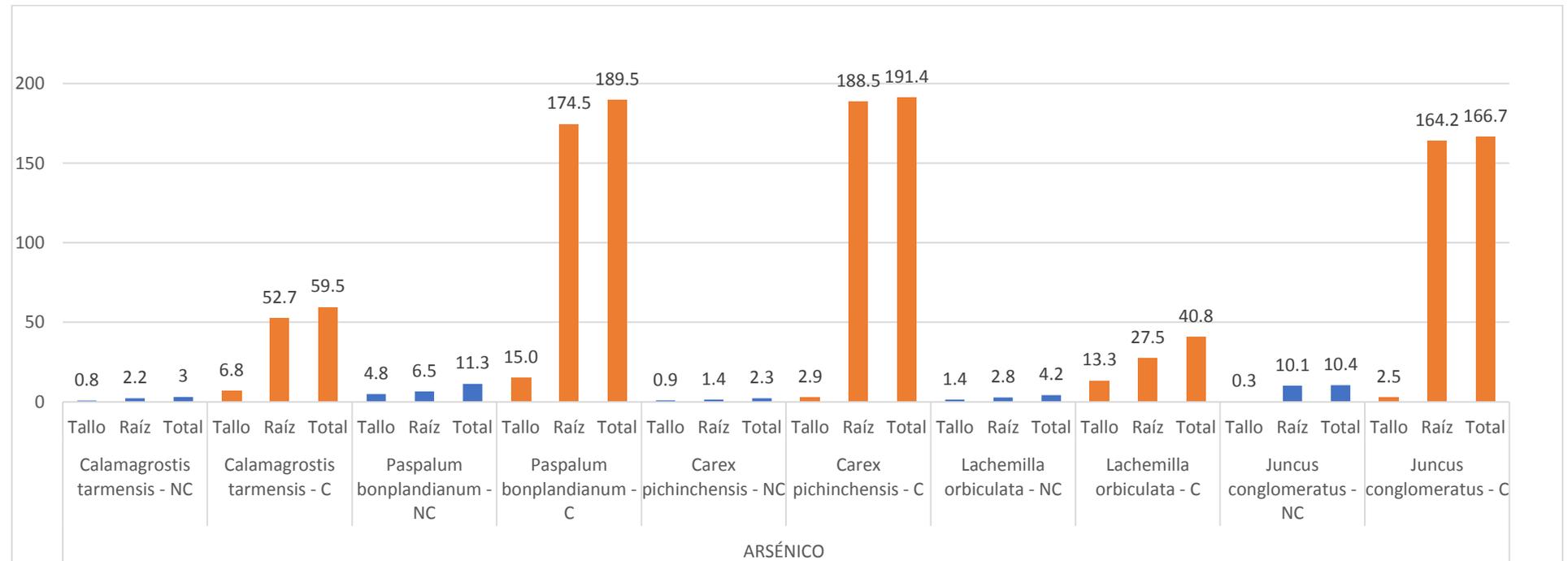


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Aluminio corresponde a la especie de flora herbácea silvestre *Paspalum bonplandianum* con 2844.6 mg/kg perteneciente a la zona El Sinchao, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 2539.0 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte de la raíz de todas las especies.

4.8.2. Concentración de Arsénico.

Gráfico 9: Concentración de Arsénico (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

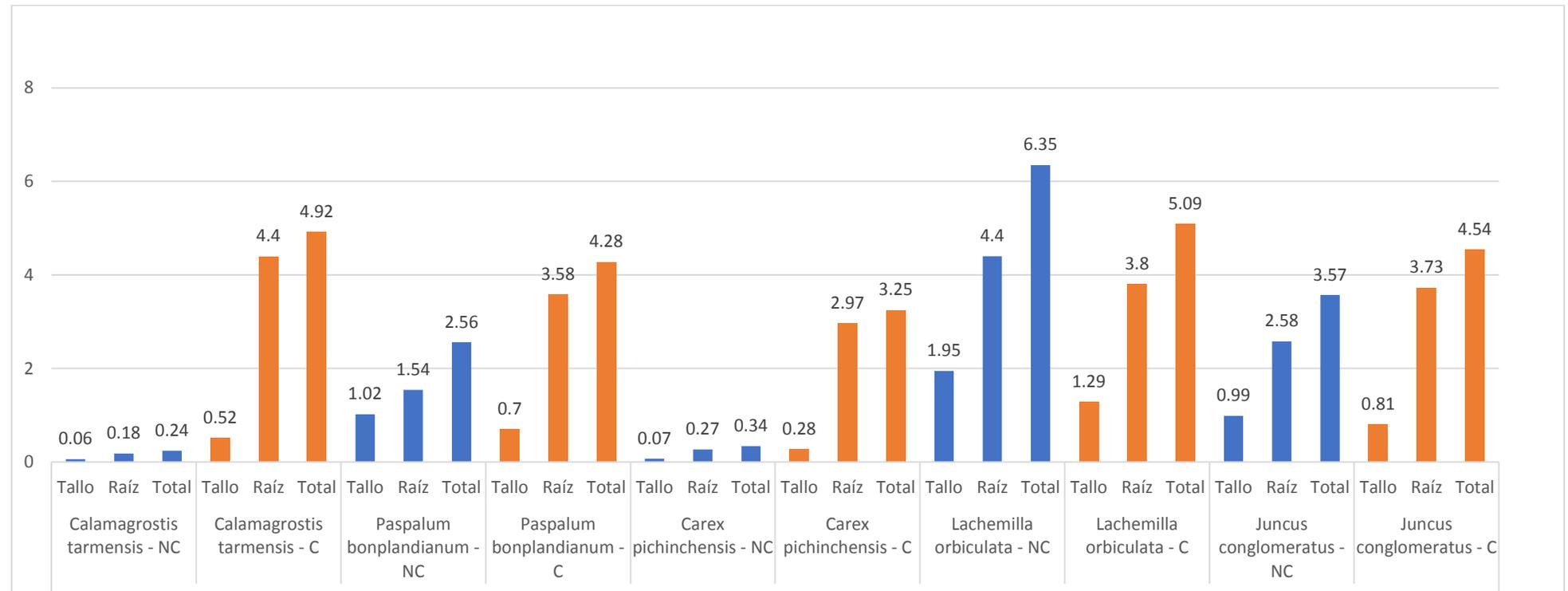


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Arsénico corresponde a la especie de flora herbácea silvestre *Carex pichinchensis* con 191.4 mg/kg perteneciente a la zona El Sinchao, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 188.5 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte de la raíz de todas las especies.

4.8.3. Concentración de Cadmio.

Gráfico 10: Concentración de Cadmio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

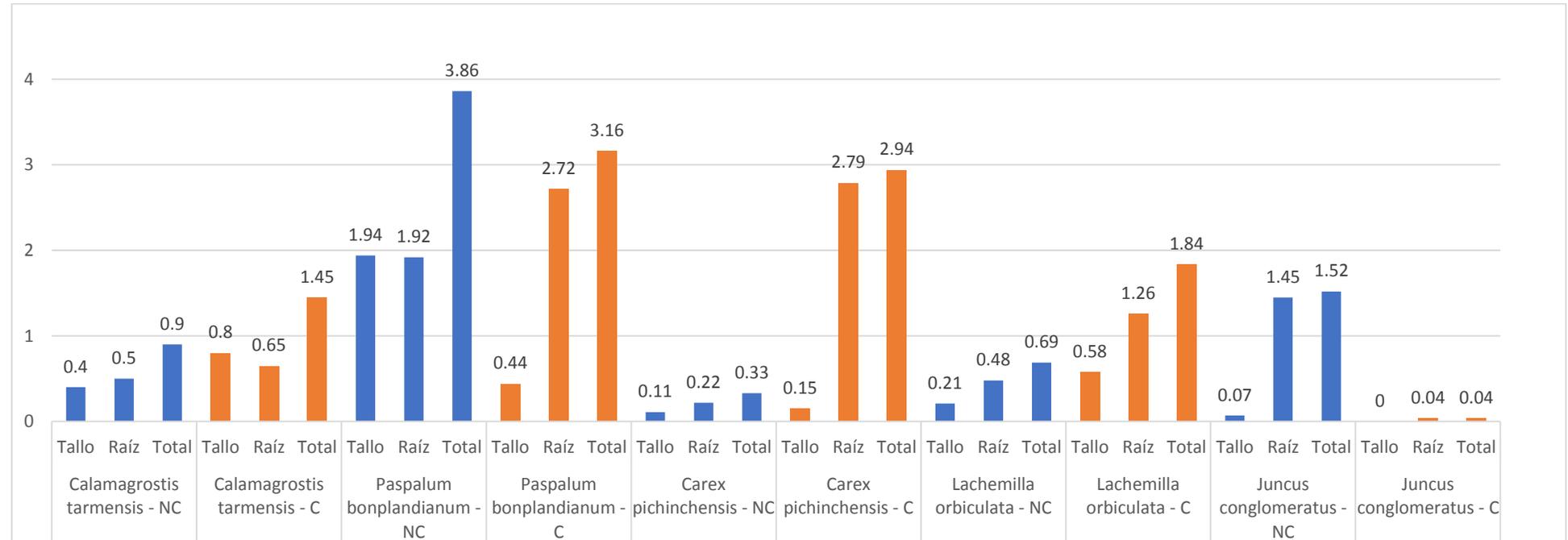


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Cadmio corresponde a las especie de flora herbácea silvestre *Lachemilla orbiculata* con 6.35 mg/kg perteneciente a la zona Las Gradass, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 4.4 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte de la raíz de todas las especies.

4.8.4. Concentración de Cromo.

Gráfico 11: Concentración de Cromo (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

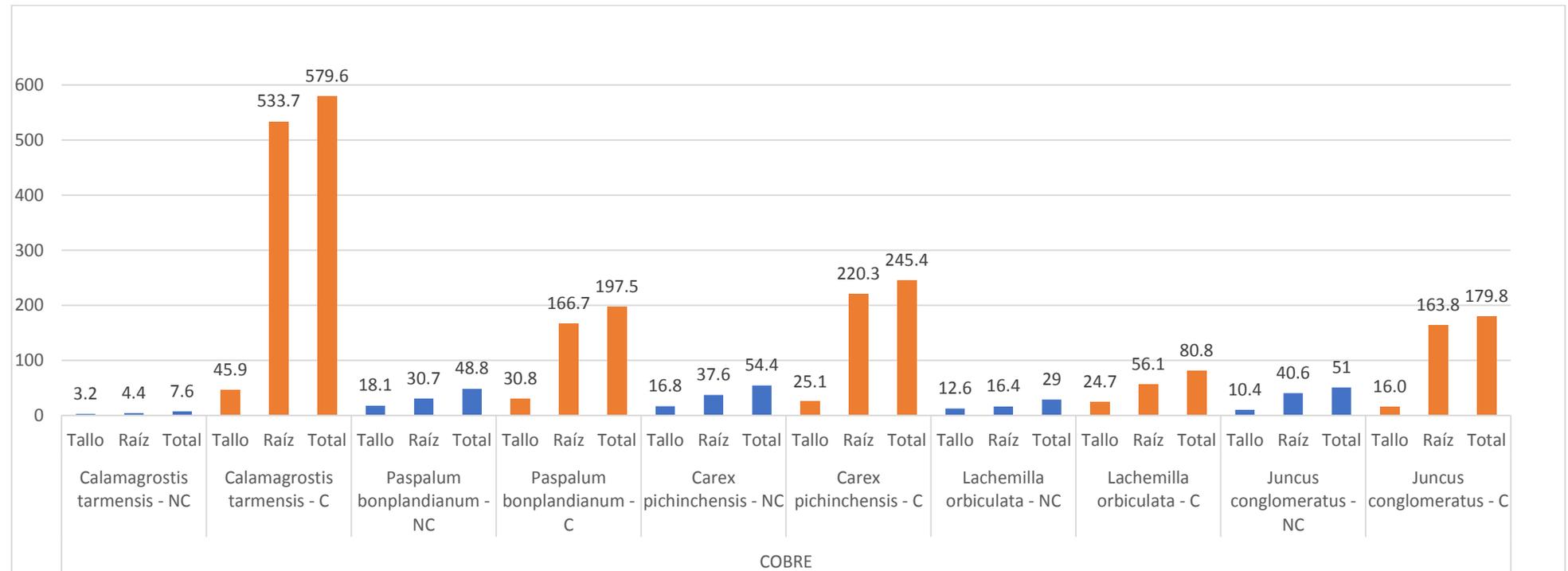


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Cromo corresponde a las especie de flora herbácea silvestre *Paspalum bonplandianum* con 3.86 mg/kg perteneciente a la zona Las Gradadas, notándose que la mayor acumulación de metales es en el tallo de dicha planta con 1.94 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte de la raíz de todas las especies, a excepción del *Paspalum bonplandianum* donde la acumulación reside en el tallo.

4.8.5. Concentración de Cobre.

Gráfico 12: Concentración de Cobre (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

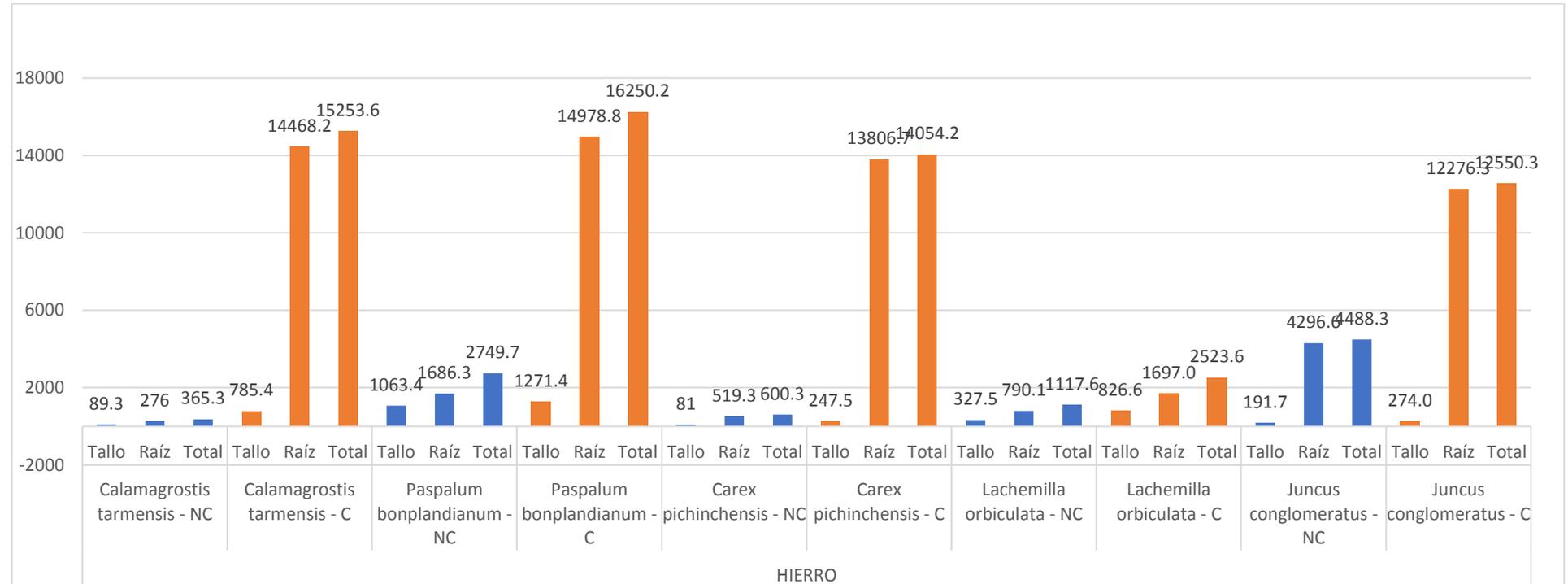


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Cobre corresponde a las especie de flora herbácea silvestre *Calamagrostis tarmensis* con 579.6 mg/kg perteneciente a la zona El Sinchao, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 533.7 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte de la raíz de todas las especies.

4.8.6. Concentración de Hierro.

Gráfico 13: Concentración de Hierro (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

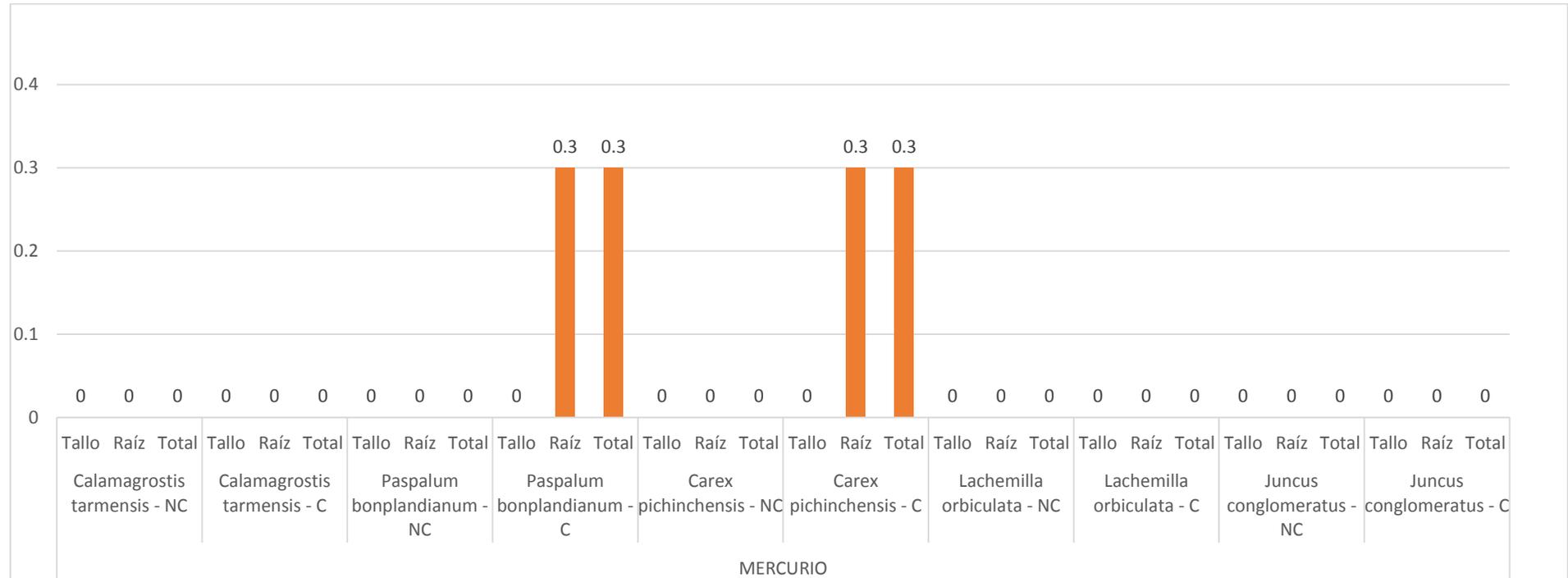


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Hierro corresponde a las especie de flora herbácea silvestre *Calamagrostis tarmensis* con 15253.6 mg/kg perteneciente a la zona El Sinchao, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 14468.2 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte de la raíz de todas las especies.

4.8.7. Concentración de Mercurio.

Gráfico 14: Concentración de Mercurio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

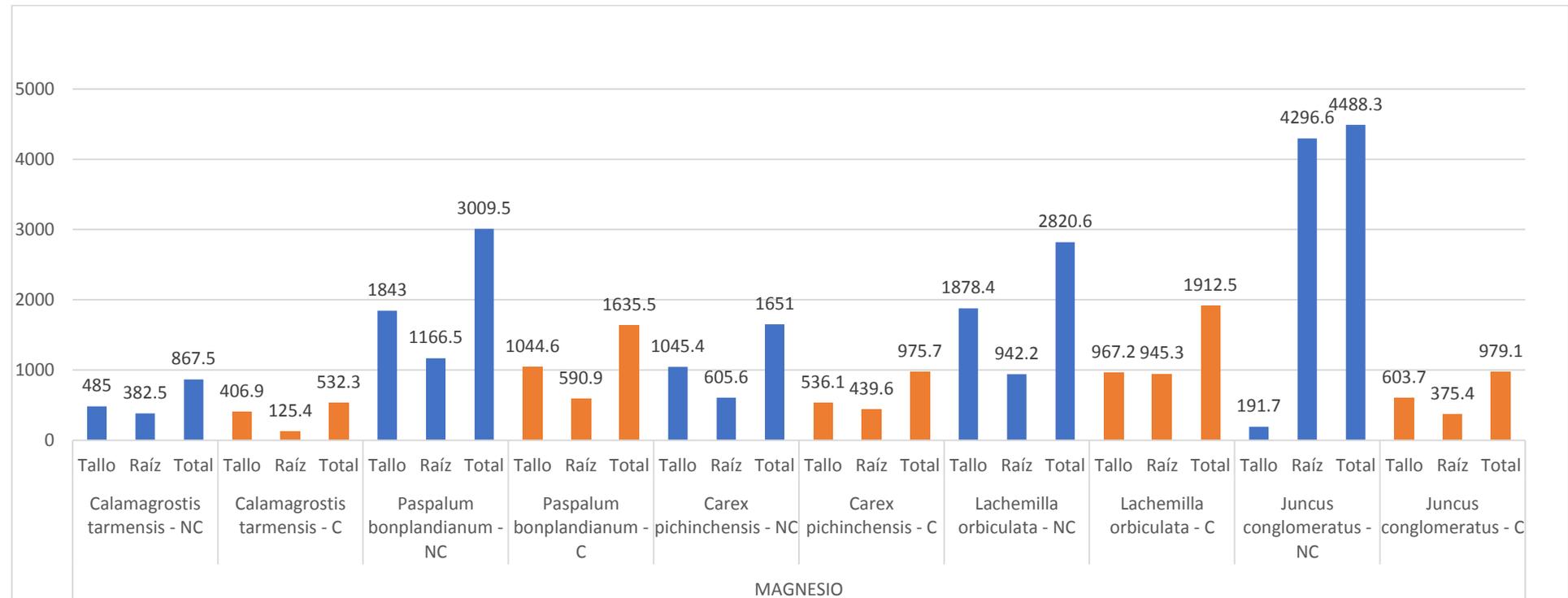


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Mercurio corresponde a las especies de flora herbácea silvestre *Carex pichinchensis* y *Paspalum bonplandianum* con 0.3 mg/kg cada planta pertenecientes a la zona El Sinchao, notándose que la acumulación de metales es solamente en la raíz con 0.3 mg/kg en ambos casos.

4.8.8. Concentración de Magnesio.

Gráfico 15: Concentración de Magnesio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

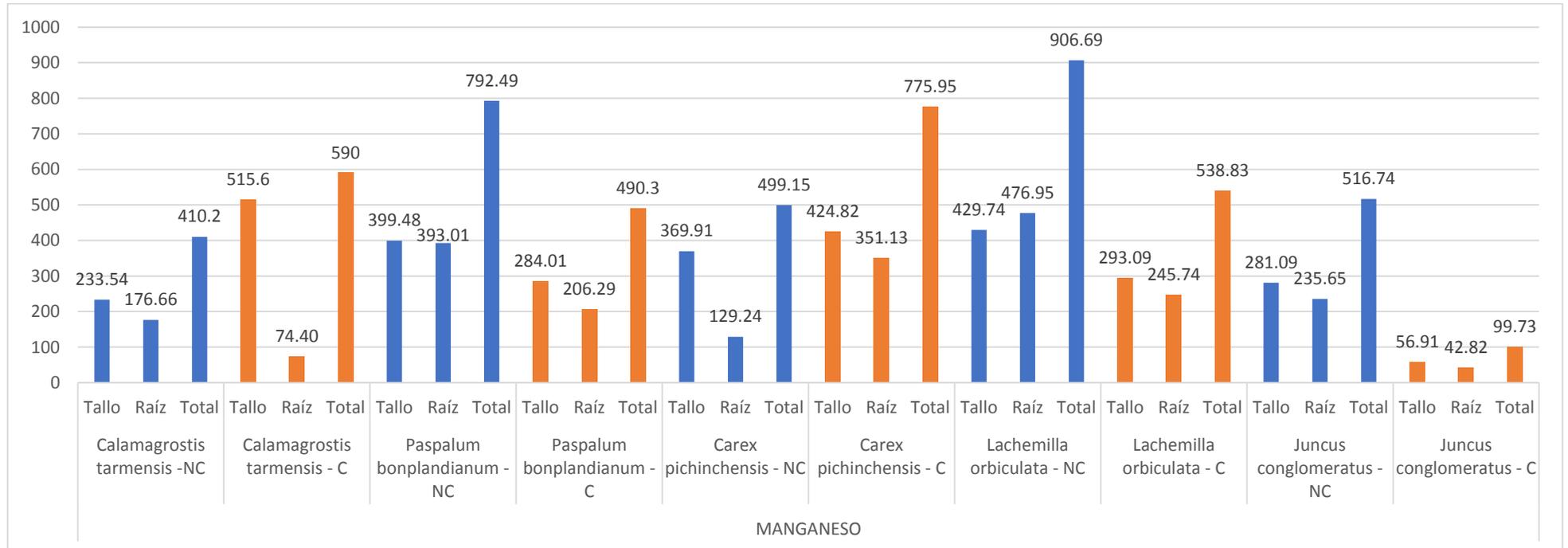


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Magnesio corresponde a las especie de flora herbácea silvestre *Carex pichinchensis* con 191.4 mg/kg perteneciente a la zona El Sinchao, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 188.5 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte de la raíz de todas las especies.

4.8.9. Concentración de Manganeso.

Gráfico 16: Concentración de Manganeso (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

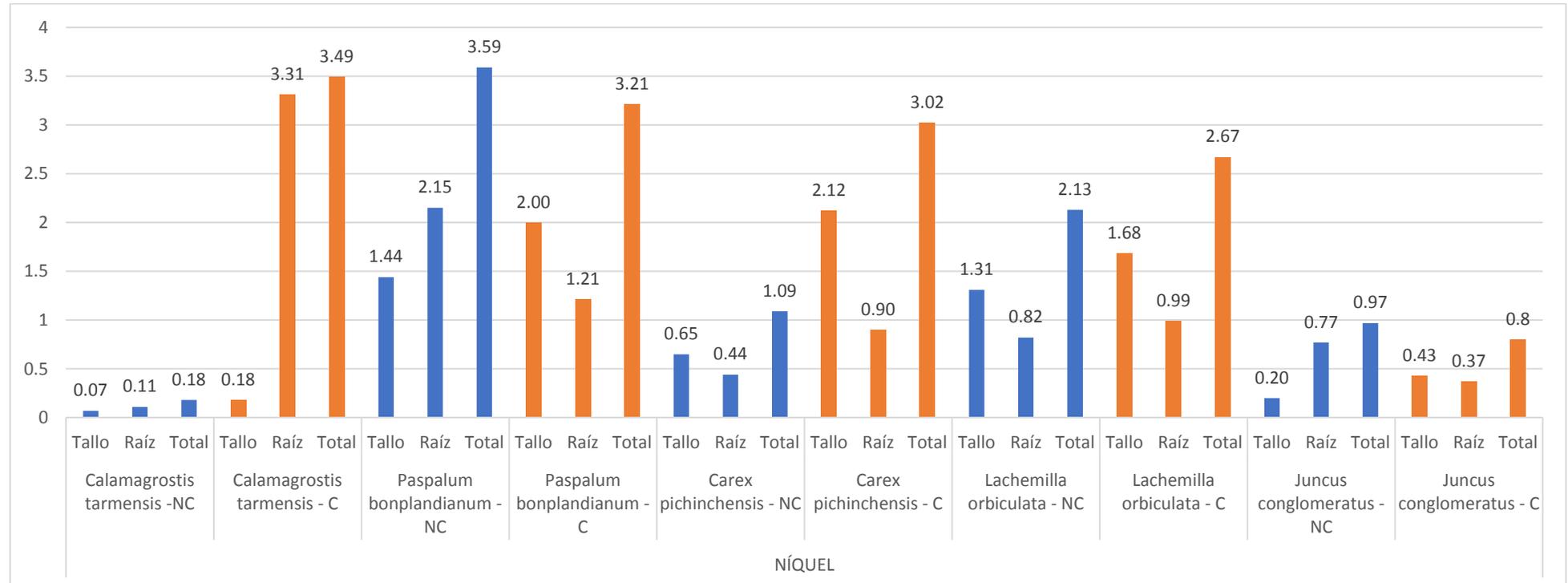


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Manganeso corresponde a la especie de flora herbácea silvestre *Lachemilla orbiculata* con 906.69 mg/kg perteneciente a la zona El Sinchao, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 476.95 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte de la tallo de todas las especies a excepción de la especie *Lachemilla orbiculata* perteneciente la zona Las Gradass.

4.8.10. Concentración de Níquel.

Gráfico 17: Concentración de Níquel (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

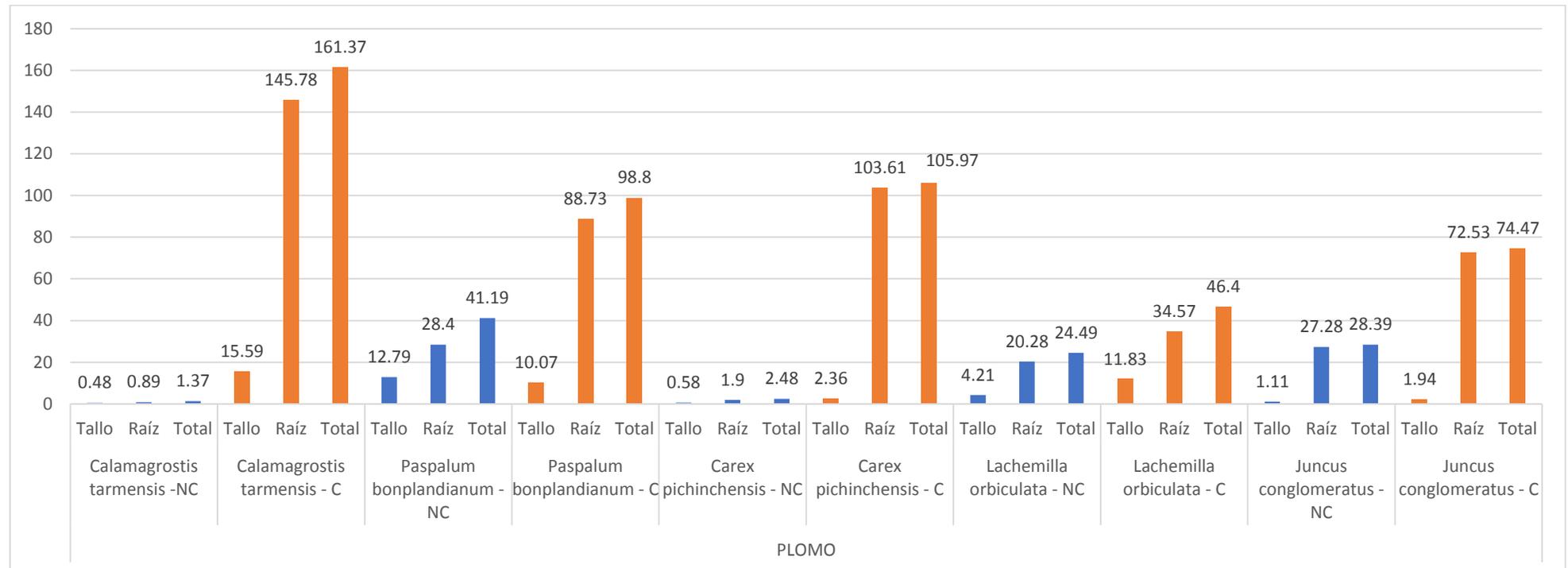


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Níquel corresponde a la especie de flora herbácea silvestre *Paspalum bonplandianum* con 3.59 mg/kg perteneciente a la zona Las Gradadas, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 2.15 mg/kg.

4.8.11. Concentración de Plomo.

Gráfico 18: Concentración de Plomo (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

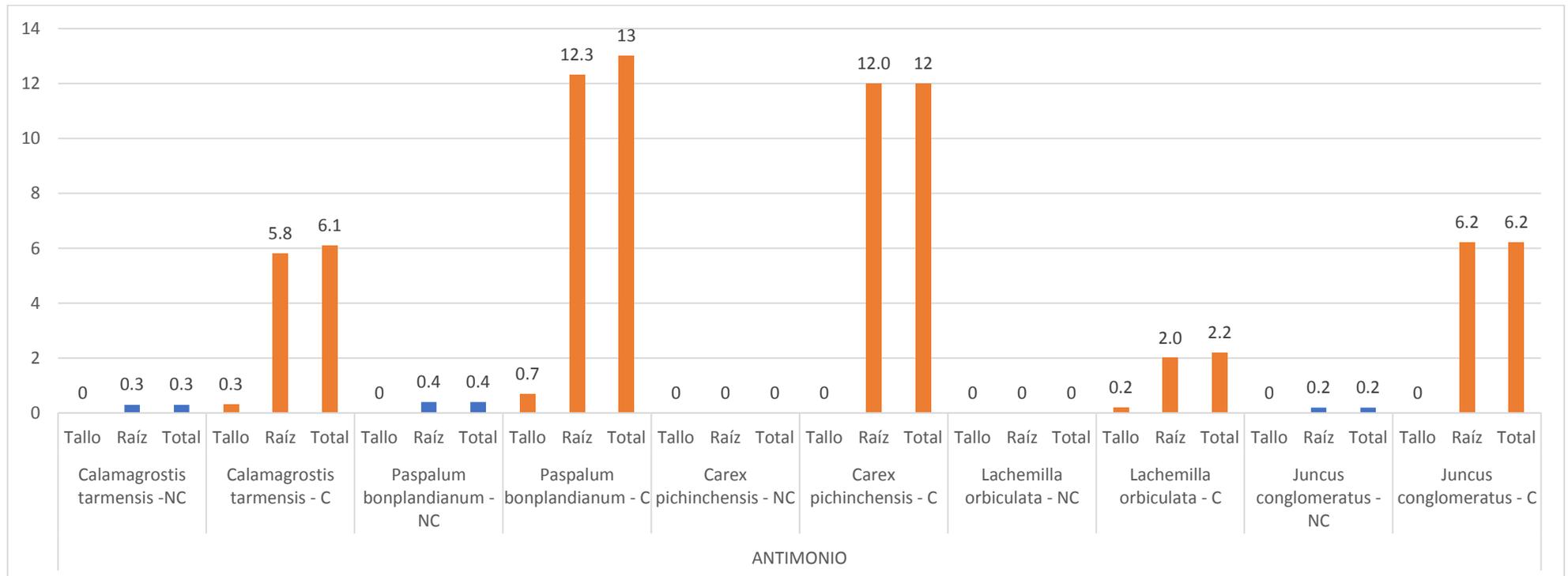


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Plomo corresponde a la especie de flora herbácea silvestre *Calamagrostis tarmensis* con 161.37 mg/kg perteneciente a la zona El Sinchao, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 145.78 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte de la raíz de todas las especies.

4.8.12. Concentración de Antimonio.

Gráfico 19: Concentración de Antimonio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

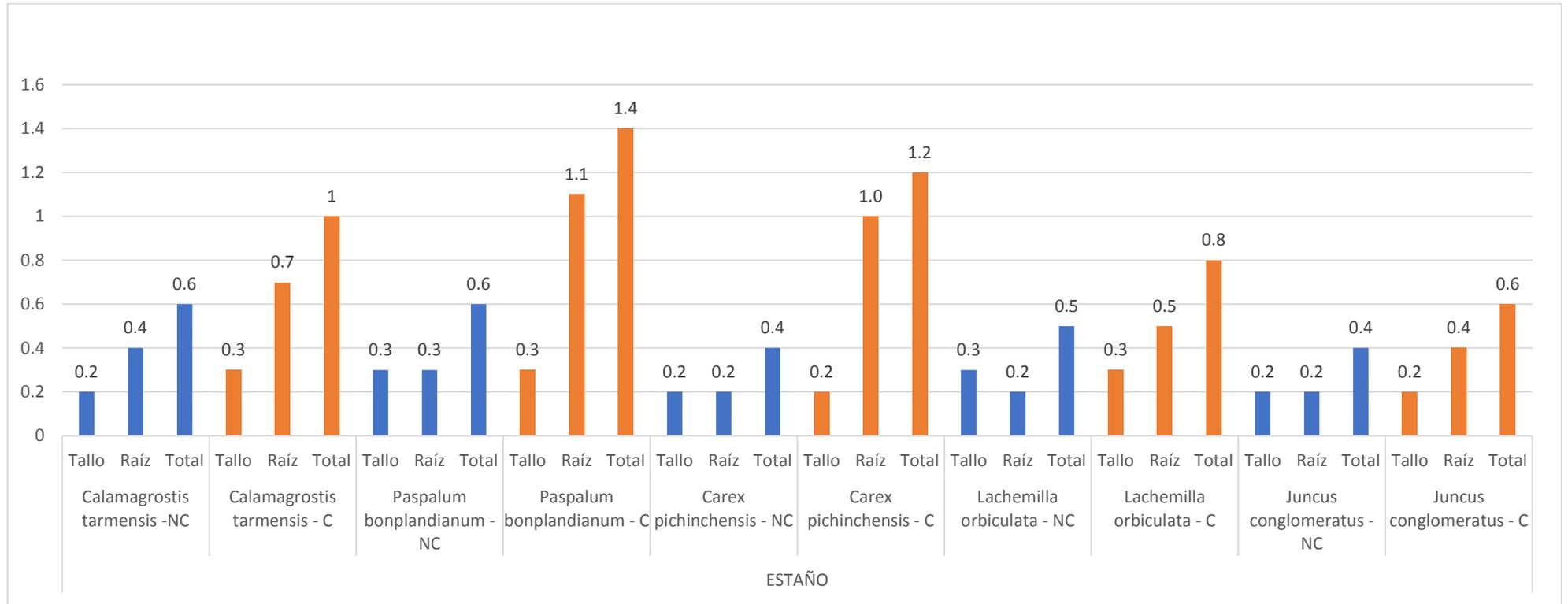


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Antimonio corresponde a la especie de flora herbácea silvestre *Paspalum bonplandianum* con 13 mg/kg perteneciente a la zona El Sinchao, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 12.3 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte de la raíz de todas las especies.

4.8.13. Concentración de Estaño.

Gráfico 20: Concentración de Estaño (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

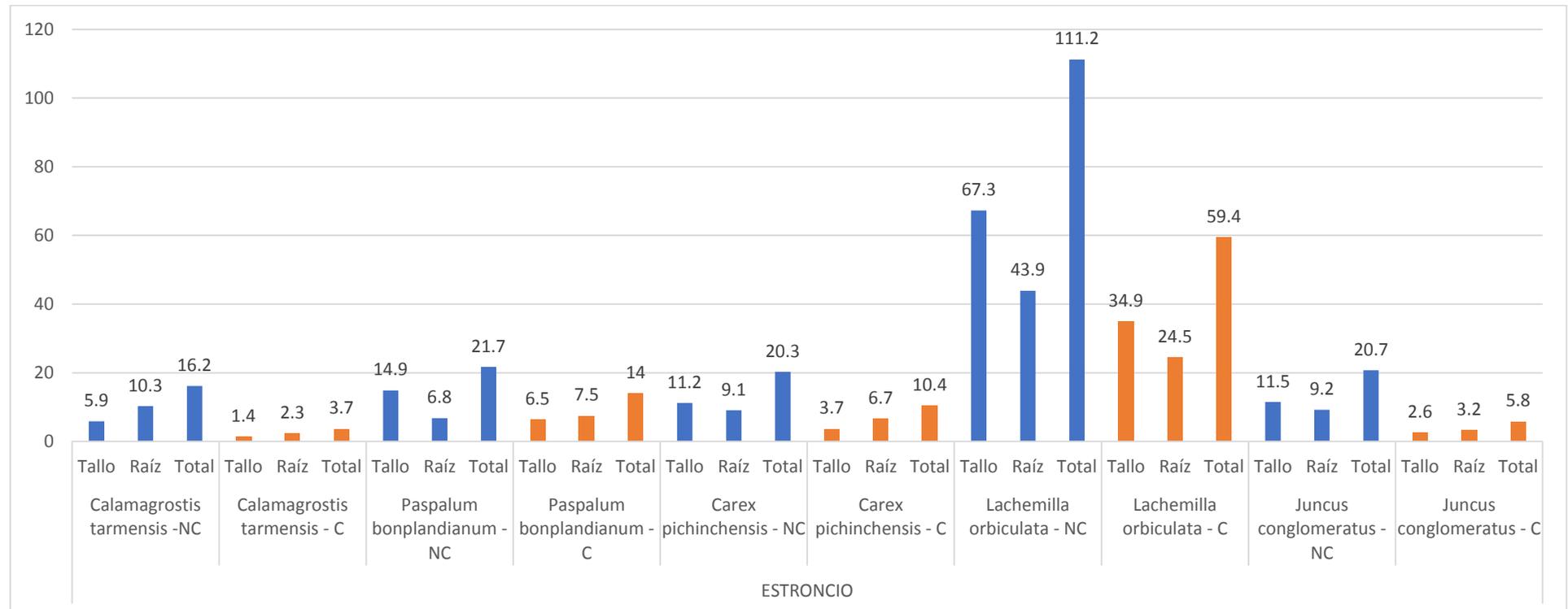


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Estaño corresponde a la especie de flora herbácea silvestre *Paspalum bonplandianum* con 1.4 mg/kg perteneciente a la zona El Sinchao, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 1.1 mg/kg.

4.8.14. Concentración de Estroncio.

Gráfico 21: Concentración de Estroncio (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.

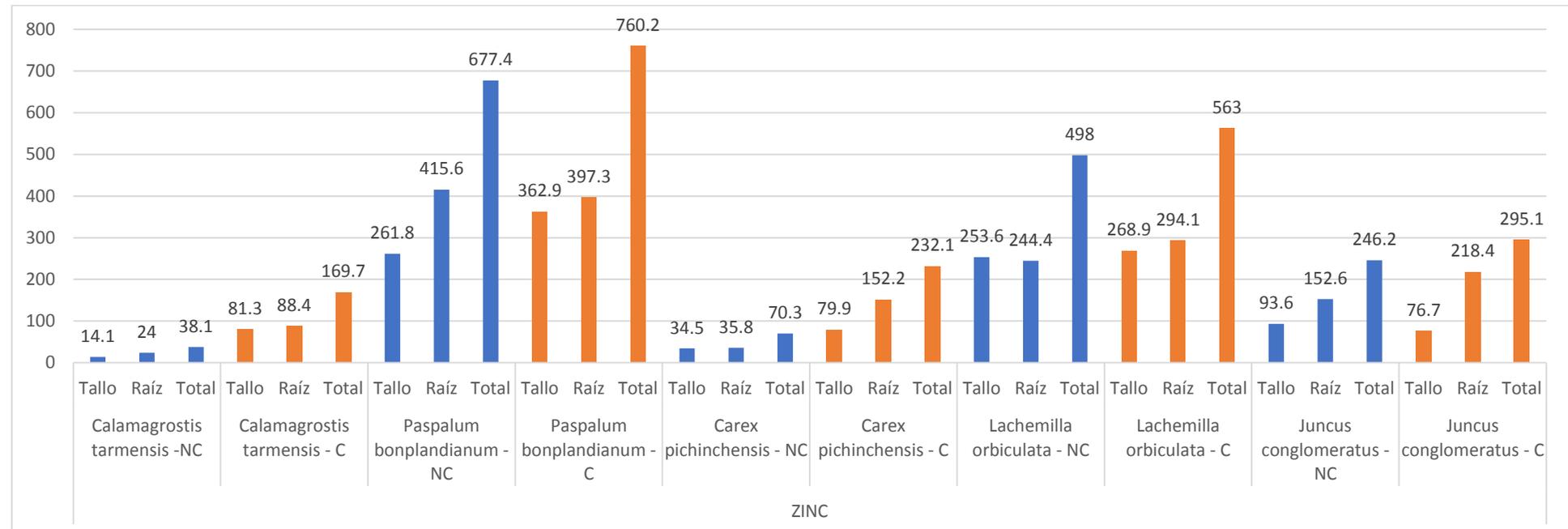


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Estroncio corresponde a la especie de flora herbácea silvestre *Lachemilla orbiculata* con 111.2 mg/kg perteneciente a la zona Las Gradadas, notándose que la mayor acumulación de metales es en el tallo de dicha planta con 67.3 mg/kg.

4.8.15. Concentración de Zinc.

Gráfico 22: Concentración de Zinc (mg/kg) en las especies de flora herbácea silvestre.



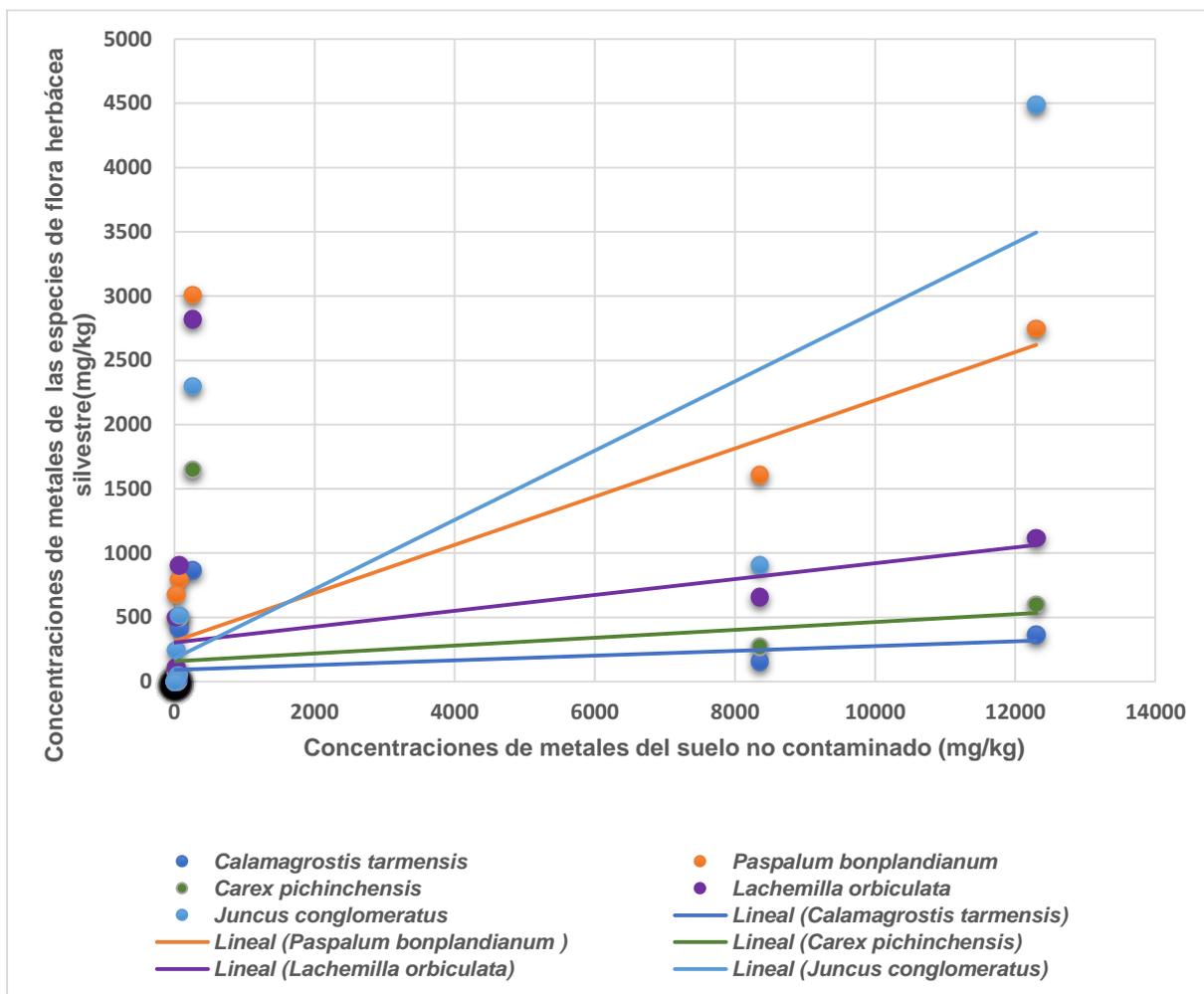
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se determinó que la mayor concentración de Zinc corresponde a la especie de flora herbácea silvestre *Paspalum bonplandianum* con 760.2 mg/kg perteneciente a la zona El Sinchao, notándose que la mayor acumulación de metales es en la raíz de dicha planta con 391.3 mg/kg. Asimismo, se observa que dicho metal se concentra en mayor cantidad en la parte del tallo de todas las especies a excepción de la especie *Lachemilla orbiculata* perteneciente la zona Las Gradadas.

4.9. Correlación de las concentraciones de metales entre las especies de flora herbácea silvestre y el suelo.

4.9.1. Zona Las Gradadas

Gráfico 23: Correlación entre el suelo no contaminado (Las Gradadas) y las especies de flora herbácea silvestre



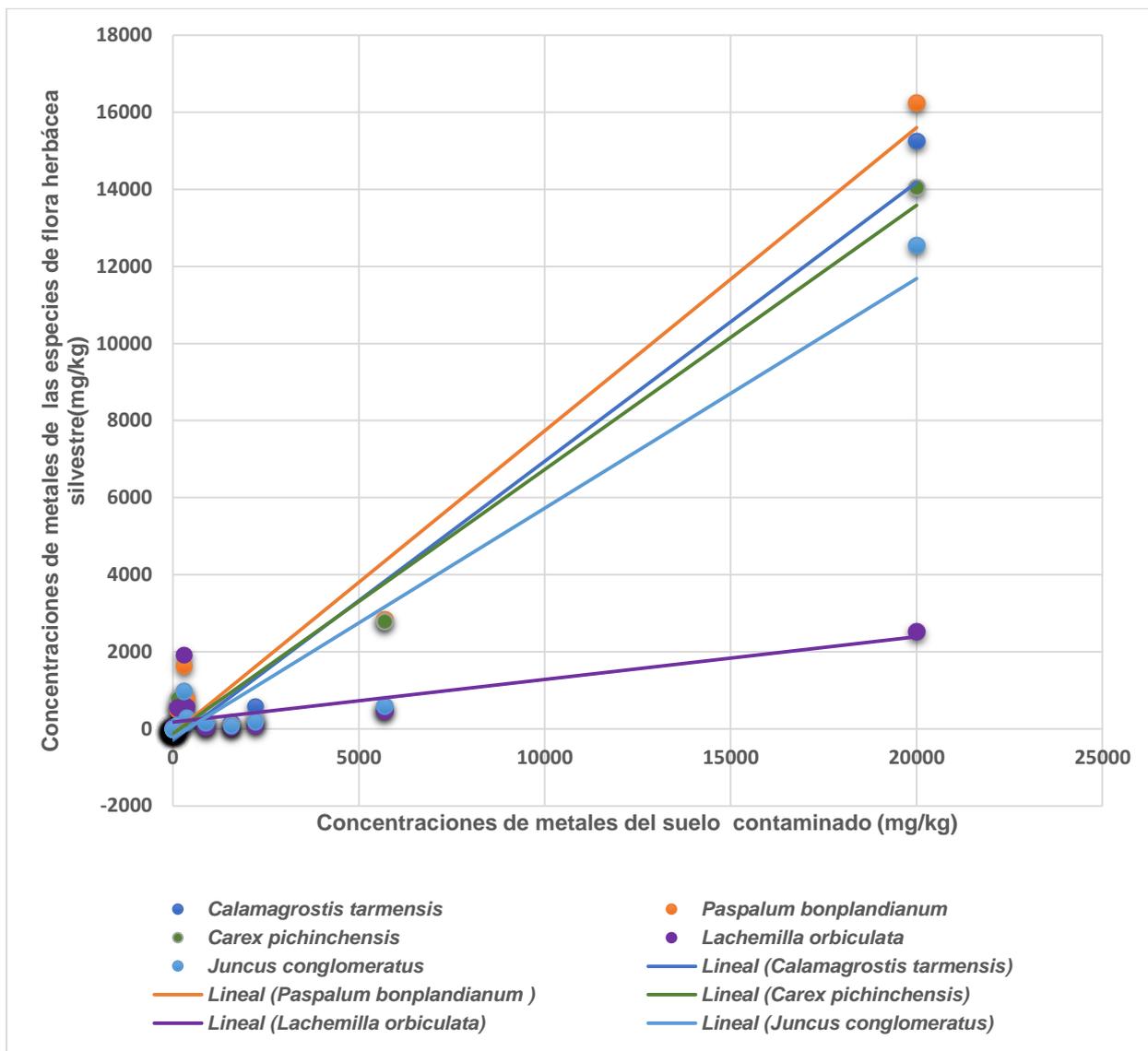
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°23 se observa la relación existente entre las especies de flora herbácea silvestre y el suelo no contaminado, donde finalmente se obtuvieron los siguientes coeficientes de correlación:

- ***Calamagrostis Tarmensis***: $r = 0.275$ (Muy baja correlación positiva).
- ***Paspalum Bonlandianum***: $r = 0.666$ (Correlación directa positiva moderada).
- ***Carex Pinchinchensis***: $r = 0.254$ (Muy baja correlación positiva).
- ***Lachemilla Orbiculata***: $r = 0.295$ (Muy baja correlación positiva).
- ***Juncus Conglomeratus***: $r = 0.799$ (Correlación directa positiva moderada).

4.9.2. Zona de pasivos mineros El Sinchao

Gráfico 24: Correlación entre el suelo contaminado (El Sinchao) y las especies de flora herbácea silvestre



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°24 se observa la relación existente entre las especies de flora herbácea silvestre y el suelo contaminado, donde finalmente se obtuvieron los siguientes coeficientes de correlación:

- ***Calamagrostis Tarmensis***: $r = 0.964$ (Correlación directa positiva alta).
- ***Paspalum Bonplandianum***: $r = 0.981$ (Correlación directa positiva alta).
- ***Carex Pinchinchensis***: $r = 0.986$ (Correlación directa positiva alta).
- ***Lachemilla Orbiculata***: $r = 0.742$ (Correlación directa positiva moderada).
- ***Juncus Conglomeratus***: $r = 0.964$ (Correlación directa positiva alta).

4.2. Factor de Bioconcentración y Factor de Traslocación

4.2.1. Zona Las Gradadas

Tabla 10: Valores de BCF y TF de la zona Las Gradadas

		LAS GRADAS				
FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN - BCF EN LA RAÍZ	Metales	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	<i>Paspalum bonplandianum</i>	<i>Carex pichinchensis</i>	<i>Lachemilla orbiculata</i>	<i>Juncus conglomeratus</i>
	Aluminio	0.016	0.142	0.030	0.064	0.105
	Arsénico	0.076	0.224	0.048	0.097	0.348
	Cadmio	0.099	0.846	0.148	2.418*	1.418*
	Cromo	0.588	2.259*	0.259	0.565	1.706*
	Cobre	0.078	0.543	0.665	0.290	0.719
	Hierro	0.022	0.137	0.042	0.064	0.349
	Mercurio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Magnesio	1.485*	4.530*	2.352*	3.659*	3.302*
	Manganeso	2.605*	5.795*	1.906*	7.033*	3.475*
	Níquel	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Plomo	0.024	0.751	0.050	0.536	0.721
	Antimonio	1.000*	1.333*	0.000	0.000	0.667
	Estaño	0.800	0.600	0.400	0.400	0.400
	Estroncio	0.475	0.313	0.419	2.023*	0.424
Talio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Zinc	0.930	16.109*	1.388*	9.473*	5.915*	
FACTOR DE TRASLOCACIÓN - TF	Aluminio	0.183	0.357	0.074	0.229	0.030
	Arsénico	0.364	0.738	0.643	0.500	0.030
	Cadmio	0.333	0.662	0.259	0.443	0.384
	Cromo	0.800	1.010*	0.500	0.438	0.048
	Cobre	0.727	0.590	0.447	0.768	0.256
	Hierro	0.324	0.631	0.156	0.415	0.045
	Mercurio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Magnesio	1.268	1.580*	1.726*	1.994*	1.703*
	Manganeso	1.322	1.016*	2.862*	0.901	1.193*
	Níquel	0.636	0.670	1.477*	1.598*	0.260
	Plomo	0.539	0.450	0.305	0.208	0.041
	Antimonio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Estaño	0.500	1.000*	1.000*	1.500*	1.000*
	Estroncio	0.573	2.191*	1.231*	1.533*	1.250
	Talio	1.000	0.500	0.000	0.778	0.667
Zinc	0.588	0.630	0.964	1.038*	0.613	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1. Zona de pasivos mineros El Sinchao

Tabla 11: Valores de BCF y TF

		EL SINCHAO				
	Metales	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	<i>Paspalum bonplandianum</i>	<i>Carex pichinchensis</i>	<i>Lachemilla orbiculata</i>	<i>Juncus conglomeratus</i>
FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN - BCF	Aluminio	0.006	0.054	0.008	0.020	0.003
	Arsénico	0.008	0.017	0.003	0.031	0.003
	Cadmio	0.036	0.049	0.020	0.266	0.261
	Cromo	0.105	0.058	0.020	0.076	0.000
	Cobre	0.021	0.014	0.011	0.025	0.007
	Hierro	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Mercurio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Magnesio	1.363*	3.498*	1.795*	3.166*	2.022*
	Manganeso	4.297*	2.367*	3.541*	2.048*	0.357
	Níquel	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Plomo	0.010	0.006	0.002	0.022	0.001
	Antimonio	0.008	0.018	0.000	0.051	0.158
	Estaño	0.042	0.042	0.028	0.042	0.028
	Estroncio	0.088	0.406	0.231	1.531*	0.163
	Talio	2.136*	0.182	0.227	0.455	0.682
Zinc	0.218	0.973	0.214	0.721	0.206	
FACTOR DE TRASLOCACIÓN - TF	Aluminio	0.077	0.120	0.017	0.323	0.028
	Arsénico	0.129	0.086	0.015	0.484	0.015
	Cadmio	0.118	0.196	0.094	0.339	0.217
	Cromo	1.231*	0.162	0.054	0.460	0.000
	Cobre	0.086	0.185	0.114	0.440	0.098
	Hierro	0.054	0.085	0.018	0.487	0.022
	Mercurio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Magnesio	3.245*	1.768	1.220*	1.023*	1.608*
	Manganeso	6.930*	1.377	1.210*	1.193*	1.329*
	Níquel	0.054	1.653	2.356*	1.697*	1.162*
	Plomo	0.107	0.113	0.023	0.342	0.027
	Antimonio	0.052	0.057	0.000	0.100	0.000
	Estaño	0.429	0.273	0.200	0.600	0.500
	Estroncio	0.609	0.867	0.552	1.424*	0.813
	Talio	0.395	0.500	0.500	0.700	0.000
Zinc	0.920	0.913	0.525	0.914	0.351	

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 5. DISCUSIÓN

Se logró identificar 63 especies de flora herbácea en la zona de estudio El Sinchao, con un total de 1673 individuos en las 15 parcelas establecidas, mientras que en un estudio realizado por (Montoya Quino, 2 014) en el Noroeste de la ciudad de Cajamarca, en los Distritos de Chetilla, Magdalena y Cajamarca, se logró identificar 40 Familias; las mismas que incluyen 73 especies silvestres y cultivadas, pertenecientes a la División Magnoliophyta, Pteridophyta y Gnetophytaentre. Por otro lado, en esta investigación se seleccionaron cuatro especies por su mayor nivel de importancia, siendo estas: *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis* y *Lachemilla orbiculata*. Asimismo, existen otros trabajos de investigación que han utilizado este método con la finalidad de determinar las especies más representativas de su estudio, por ejemplo: En la tesis “Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina)”, desarrollada por (Campo y Duval, 2 014) se concluyó que las especies *Larrea divaricata*, *Larrea nítida* y *Glandularia hookeriana* poseen los valores más elevados por lo cual tienen una mayor importancia dentro de la comunidad florística muestreada. Entre otras especies importantes se puede mencionar a *Baccharis salicifolia*, *Aloysia gratissima*, *Geoffroea decorticans*, *Condalia microphylla*, *Caesalpinia gilliesii*. Por tanto, este resultado muestra que la formación vegetal en esta zona es de *Larrea divaricata* y *Larrea nítida*. Por otro lado, en el estudio “Caracterización de la vegetación forestal, usos y diversidad de especies de la vegetación forestal en la Reserva Privada Escameca Grande, San Juan del Sur, Rivas” realizado por Medrano & Tórrez (2 008), se determinó que fueron catorce especies las que ecológicamente tuvieron mayor nivel de importancia en la estructura horizontal de la vegetación fustal; *Guazuma ulmifolia* (Guácimo de ternero) tiene el mayor Índice de Valor de importancia (IVI) con 41.22 %, es decir, es el que tiene el mayor valor ecológico para la reserva, seguido de *Hura polyandra* (Javillo) con 25.07 %, *Spondias mombin* (Jobo) con 15 %, *Coccoloba caracasana* (Papaturre blanco) con 13.83 % y *Calycophyllum candidissimum* (Madroño) con 13.76 %. Por otro lado, se estudió la especie *Juncus conglomeratus*, debido a que pertenece a la familia de las Juncáceas, las cuales son consideradas como plantas hiperacumuladoras de metales. (Peña et al., s.f.)

Al realizar la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo del año 2 017 correspondientes al DS N° 011-2017-MINAM se identificó que en la zona no impactada “Las Gradass” las concentraciones de Arsénico, Mercurio y Plomo se encuentran por debajo de los ECA, a excepción del Cadmio que sobrepasa a este en 0.42 mg/kg. Asimismo, en la zona de pasivos mineros El Sinchao la acumulación de Arsénico, Cadmio y Plomo sobrepasan los ECA, mientras que el Mercurio no excede el valor de 6.6 mg/kg correspondiente al estándar. Además, se logró comprobar que el suelo de la zona de pasivos mineros El Sinchao, presentó mayores concentraciones de metales a diferencia del Aluminio y el Estroncio los cuales tienen niveles más altos en la zona no impactada, en el caso del aluminio la alta concentración se debería a su gran abundancia en la corteza terrestre, siendo el tercero más

cuantioso, produciendo que las especies de flora herbácea silvestre se adapten a condiciones desfavorables gracias a que la absorción es a través del sistema radicular, lo cual aumenta la captación de fósforo, previniendo los efectos tóxicos del cobre y manganeso así como protegiéndolas de hongos patógenos; por otro lado, la zona Las Gradadas presenta suelos ácidos lo que hace que el pH del agua y del suelo cambie, promoviendo una movilización de los iones tóxicos de aluminio tal como lo indica (Freire Rallo, 2015) Citando a (Barabasz et al., 2002). En el caso del estroncio este se encuentra en forma natural en el suelo en cantidades muy variables, a ello se deberían sus altas concentraciones. Cabe señalar que el estroncio en el suelo se disuelve en agua; por lo tanto, es probable que se mueva a capas más profundas del suelo como sería en el caso del Sinchao, dado que existen fuentes de agua subterránea. Sin embargo, los compuestos de estroncio pueden permanecer en el suelo durante años sin moverse hacia el agua subterránea quedándose en la parte superficial como sería el caso de las Gradadas. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades Español, 2004).

Al analizar las concentraciones de los metales pesados se logró verificar que muchas plantas son capaces de crecer de manera adecuada en suelos contaminados, esto según (Castañeda Ceja, 2015) se produciría porque la flora excluye iones potencialmente tóxicos de sus sistemas de raíces. Asimismo, el autor indica que, en otras plantas, los metales son utilizados como micro nutrientes, aunque a menudo aún en concentraciones mínimas saturarían a la planta. Por otro lado, señala que la habilidad de tolerar la presencia de metales pesados está determinada por el nivel de variación genética del individuo. Esto permitiría explicar las altas concentraciones de algunos metales, al finalizar el estudio en las cinco especies de flora herbácea silvestre en la zona de pasivos mineros El Sinchao, se identificó que la especie *Calamagrostis tarmensis* tiene la capacidad para acumular los metales como Cobre, Níquel y Plomo; asimismo, la especie *Paspalum bonplandianum* acumuló el Aluminio, Cromo, Hierro, Antimonio, Estaño y Zinc. De la misma manera la especie *Carex pichinchensis* logró acumular en altas concentraciones al Arsénico, Mercurio y Mn; la especie *Lachemilla orbiculata* acumuló el cadmio y estroncio, donde es importante mencionar que en el estudio realizado por (García et al., 2012) donde fue estudiada la especie *Vicia faba*, se obtuvo que la raíz fue el órgano que absorbió más Cd, seguida de la hoja y tallo. Como planta completa, *V. faba* absorbió cantidades de Cd entre 8.6 y 65.2 mg/kg, concentraciones tóxicas para el ser humano. Por otro lado, el magnesio es acumulado por la especie *Juncus conglomeratus*. Por otro lado (Castañeda, 2015) en su investigación menciona algunas zonas de acumulación de distintos metales pesados como el Zn, As y Pb mencionando que su acumulación se produce en las raíces de las plantas, coincidiendo la presente investigación al observarse dichos metales en mayor cantidad en esa zona de las especies estudiadas, además de estos metales, también encontramos ubicados en este lugar al Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Sb y Sn. Por otro lado, el Mg y Mn se encuentran en la parte aérea de la planta y los metales restantes como Ni y Sr se pueden concentrar en cualquier zona dependiendo de la especie; sin embargo, (Prieto, González y Román, 2009) citando a (Moral et al., 1994; Corinne et al., 2006) señalan que algunos metales como el Ni, puede llegar a ser

menos adsorbidos en suelos, pero puede ser fácilmente adsorbido por las plantas y ser ligeramente tóxico para las mismas, siendo un elemento móvil en los tejidos de las plantas, indicando que este metal se acumula preferiblemente en las hojas y en las semillas.

Al determinarse las correlaciones lineales con el fin de identificar la relación existente entre las variables de la presente investigación, se tomó en cuenta el coeficiente de correlación de Pearson el cual según (Restrepo y González, 2007) tiene como objetivo medir la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que posee una distribución normal bivariada conjunta, para ello se puede indicar que los coeficientes de correlación de la zona Las Gradadas son menores a los de la zona el Sinchao, dado que en el primer lugar de estudio presenta valoraciones como correlaciones muy bajas positivas y directas positivas moderadas, logrando afirmar que las especies no absorben en grandes cantidades a los metales pesados del suelo, sin embargo, en la zona con pasivos las valoraciones fueron de correlación directa positiva alta a directa positiva moderada, permitiendo así indicar que la relación entre estas variables se da de manera directamente proporcional, es decir, en la medida que aumenta una de ellas, aumentará la otra. Cabe señalar que el valor más alto de correlación fue el de la especie *Carex pichinchensis* con un coeficiente de 0.986, lo que significará que esta especie sería la que tiene una mejor relación entre la concentración de los metales provenientes del suelo y los metales en la planta.

Con el fin de determinar la capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre, se obtuvieron sus factores de bioconcentración y factores de traslocación; sin embargo, es importante señalar que para que sea fitorremediadora se requiere que la planta sea tolerante a metales o que tenga la habilidad de sobrevivir a más de uno y con capacidad de acumulación, ya sea por absorción, detoxificación o secuestro. En esta investigación es de suma importancia la determinación de los factores mencionados, ya que permiten identificar si algunas plantas son fitoextractoras o fitoestabilizadoras dependiendo de si tienen valores mayores o inferiores a 1. Al calcular los factores de bioconcentración y traslocación de la especie *Calamagrostis tarmensis* de la zona “El Sinchao” para los metales como Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe y Hg, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti y Zn fueron inferiores a uno por lo que se puede afirmar que esta especie no es fitoextractora de dichos metales, sin embargo, serviría como extractora de Mg y Mn dado que el BCF es de 1.36 y 4.9 respectivamente lo que significa que presenta una buena relación concerniente a raíz y suelo, por otro lado contiene factores de traslocación para Mg(3.24) y Mn(6.93), lo que permite comprobar que la planta tiene una buena capacidad para trasladar metales de las raíces a su parte aérea, cabe señalar que en el caso del Ti presentó un valor de BCF de 2.136 lo que permite decir que es fitoestabilizadora de este metal; por otro lado, en las gradadas los valores son similares con la diferencia que el TF es más alto en la zona impactada.

De la misma forma se analizaron los BCF y TF para la especie *Paspalum bonplandianum* de la Zona el Sinchao donde el Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti y Zn presentan BCF y TF inferiores a 1,

y los factores de BCF del Mg(3.498) y Mn (2.367) son altos, lo que indica que hay una buena acumulación de estos en las raíces y de la misma forma existe una buena traslocación de la raíz a la parte aérea por contar con un TF de Mg(1.768) y Mn(1.377) mayor a 1, nos permitió afirmar que esta especie también es fitoextractora del Mg y Mn; al realizar la comparación con la zona las gradas los valores de BCF son más elevados y existen mayor cantidad de metales acumulados como es el caso del Cr (2.259), Mg (4.53) y Mn (5.79), as mismo se logró identificar a esta especie como hiperacumuladora de Zn (16.109) al tener un valor mayor a 10, de la misma forma se consideraría fitoestabilizadora para los metales como Sb y Zn.

Luego de estudiar a la especie *Carex pichinchensis* se logró identificar que presenta altos valores de BCF para los metales Mg(1.795) y Mn (3.541), de la misma manera los TF son altos en estos metales Mg(1.22) y Mn (1.21) lo que permite indicar que hay una buena relación de raíz a suelo y de raíz a hojas y tallo, siendo esta especie también fitoextractora de estos metales, por otro lado los metales restantes no superan el valor de 1, al comparar estos valores con los obtenidos en las gradas se observó que ocurre lo mismo con los metales como Mg y Mn, sin embargo, este especie presentó un BCF para el Zn de 1.38, pero un TF inferior a 1, por ello se afirma que la especie es fitoestabilizadora de Zn.

Los BCF de la especie *Lachemilla orbiculata* de la zona el Sinchao son mayores a “1” como es el caso del Mg(3.166), Mn (2.04) y Sr (1.531) indicando una buena relación de suelo a raíz; asimismo, los TF para estos metales también fueron mayores, permitiendo indicar que esta especie es fitoextractora de Mg, Mn y Sr, por otro lado en la zona las gradas ocurre lo mismo con los BCF para los metales Mg(3.659), Mn (7.03), Sr (2.023), Zn(9.473) y Cd (2.418), sin embargo los TF son mayores a 1 solo para el Mg(1.994), Ni(1.598), Sr (1.533) y Zn (1.038); es decir, esta especie es fitoextractora de Mg, Sr y Zn, además de ser fitoestabilizadora para los metales como Cd y Mn.

Para la especie *Juncus conglomeratus* la especie podría ser usada en técnicas de fitoextracción de Magnesio dado que presentó un BCF de 2.022 y un TF de 1.608, produciendo que las la mayor concentración de metales se ubique en la parte aérea; sin embargo, en la zona no impacta logró presentar un BCF mayor a 1 en metales como Cd (1.418), Cr (1.706), Mg (3.302), Mn (3.475), Zn (5.915) y TF de Mg(1.703) y Mn (1.193), permitiendo identificar a esta especie como fitoestabilizadora para los metales como Cd, Cr y Zn; así como planta fitoextractora para el Mg y Mn. Asimismo, esta especie fue estudiada por la bibliografía que la respalda, sin embargo en el trabajo de investigación elaborado por (Medina Marcos & Montano Chávez , 2014), donde identifican las concentraciones de metales pesados tanto en la raíz como en la parte aérea de la especie *Juncus arcticus* Willd. se logró identificar que la especie perteneciente a este estudio presenta una mayor capacidad fitorremediadora que el *Juncus conglomeratus*, dado que sus concentraciones de metales en el suelo de las especies difieren también, donde el suelo de la especie *Juncus arcticus* presenta mayor concentración en metales como Al, As,

Mn y Ni, mientras que en el suelo de la segunda especie contiene mayor concentración en Cd, Cu, Fe, Pb y Sb; además de ello, al realizar las comparaciones de la acumulación en la parte de la raíz y aérea, se puede mencionar que la primera especie acumula de mejor manera todos los metales a excepción del Fe, donde el *Juncus conglomeratus* tiene un valor mayor, lo mismo ocurre en la concentración de metales en el tallo y hojas, siendo el *Juncus arcticus* quien presenta mayor acumulación de todos los metales. Finalmente, sus factores de bioconcentración y traslocación presentan grandes diferencias, donde la especie *Juncus arcticus* posee valores mas elevados en todos los metales tanto para los BCF y TF, sin embargo el *Juncus conglemeratus* contiene un alto valor en el TF del Ni mayor al de la segunda especie. Además, es importante mencionar que la especie *Juncus arcticus* sería fitoestabilizadora de los metales como Al, As, Cu, Fe y Sb, así como fitoextractora de los metales como Cd, Mn, Zn y Ni.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar análisis de las especiaciones químicas en trabajos similares para metales como el Cadmio, Plomo, Arsénico, Aluminio, Cromo, Cobre y Zinc con el fin de determinar la toxicidad para con el medio ambiente.
- Aplicar a todas las especies estudiadas para técnicas de fitoextracción de Mg y Mn, debido a sus altos factores de bioconcentración y traslocación, así también recomendar a la especie *Calamagrostis tarmensis*, la cual se podría aplicar en técnicas de fitoestabilización para el Talio, así como *Paspalum bonplandianum* para el Antimonio, Zinc y Cromo, la especie *Carex pichinchensis* para Zinc, la especie *Lachemilla orbiculada* para el Cd y Mn y finalmente el *Juncus conglomeratus* para el Cd, Cr y Zn, debido a sus altos factores de bioconcentración.
- Aplicar la especie *Paspalum bonplandianum* para procesos de fitorremediación, ya que acumula la mayor cantidad de metales pesados como Aluminio, Mercurio, Antimonio, Estaño, Zinc, Cromo y Níquel.

CONCLUSIONES

- Se identificó 63 especies de flora herbácea en la zona de estudio El Sinchao, con un total de 1673 individuos en las 15 parcelas establecidas.
- Se determinó que las especies de flora herbácea silvestre de mayor valor de importancia son: *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis* y *Lachemilla orbiculata*.
- Se identificó que la especie *Paspalum bonplandianum*, acumula la mayor cantidad de metales pesados (mg/kg), como el Aluminio (2844.6), Mercurio (0.3), Antimonio (13), Estaño (1.4), Zinc (760.2), Cromo (3.86) y Níquel (3.59). Asimismo, la especie *Lachemilla orbiculata* cuenta con capacidad para acumular los metales Manganeseo (906.69), Cadmio (6.35) y Estroncio (111.2), de la misma forma la especie *Carex pichinchensis* acumuló los metales como Arsénico (191.4), Mercurio (0.3) y Magnesio (191.4) y finalmente la especie *Calamagrostis tarmensis*, la cual captó los metales como Cobre (579.6), Hierro (15253.6) y Plomo (161.37).
- Se determinó que en las especies *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis* y *Juncus conglomeratus* la acumulación se da en las raíces, a excepción de la *Lachemilla orbiculata* donde se observó que es en el tallo. Cabe mencionar que la raíz de todas las plantas son captadoras de metales como: Aluminio, Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Fierro, Mercurio, Plomo, Antimonio, Estroncio, Estaño y Zinc a excepción del Níquel donde las concentraciones se dan de forma variada tanto en raíz como en tallo; por otro lado, el Magnesio y el Manganeseo se encuentran en la parte aérea de la planta.
- Se estableció la relación existente entre variables, donde mediante la Correlación de Pearson que la zona “Las Gradadas” presenta muy baja correlación positiva; sin embargo, en la zona “El Sinchao” el resultado obtenido varía de una correlación directa positiva moderada a alta; asimismo, la especie *Carex pichinchensis* obtuvo la mayor correlación con un valor de 0.986; permitiéndonos concluir que al producirse un aumento de la contaminación en el suelo, también se producirá un aumento de la contaminación en la planta en forma alta.
- Se determinaron los Factores de Bioconcentración (BCF) y los Factores de Traslocación (TF) de las cinco especies estudiadas con el fin de determinar en que técnicas de fitorremediación se podrían utilizar ya sea como fitoextractoras o fitoestabilizadoras, donde la especie *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y el *Juncus conglomeratus* serían especies fitoextractoras de Magnesio y Manganeseo; sin embargo *Lachemilla orbiculata* también sería fitoextractora del Estroncio y el Zn. Por otro lado el *Calamagrostis tarmensis* se podría aplicar en técnicas de fitoestabilización para el Talio, así como *Paspalum bonplandianum* para el Antimonio, Zinc y Cromo, la especie *Carex pichinchensis* para Zinc, la especie *Lachemilla orbiculata* para el Cd y Mn y finalmente el *Juncus conglomeratus* para el Cd, Cr y Zn.

REFERENCIAS

- Aduvire , O. (2 006). *Drenaje Acido de Mina Generación y Tratamiento*. Madrid.
- Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades. (2 000). Resumen de Salud Pública Manganese. *Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades*, 12.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades Español. (2 004). *Estroncio* . Obtenido de ATDSR: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs159.html
- Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro para Enfermedades. (Agosto de 2 007). *Arsénico*. Obtenido de ATDSR: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.pdf
- Armstrong R., J., & Menon, R. (s.f.). *Minas y Canteras*. Obtenido de InshtWeb: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/74.pdf>
- Andes, F. B. (s.f.). *Carex pichinchensis Kunth*. Obtenido de Plantas Nativas de la Hoya de Quito: <http://plantasnativas.visitavirtualjbjq.com/index.php/epoca/xix-humboldt-bonpland/31-carex-pichinchensis>
- Asturnatura.com. (2 008). *Juncus conglomeratus*. *Asturnatura.com*, 2.
- Autoridad Local del Agua. (2 011). *Informe Técnico N° 0154-2011-ANA-DGCRH/MLZT-FMHA*. Lima: Ministerio de Agricultura.
- Autoridad Nacional del Agua. (2 012). *Plan de Gestión de los Recursos Hídricos en la cuenca Chancay - Lambayeque* . Chiclayo.
- Ávila Acosta, R. (2 003). *Estadística Elemental*. Lima : Estudios y Ediciones R.A.
- Bidwell, (1 993). *Fisiología vegetal*. México
- Bolsa de Comercio de Rosario. (s.f.). Toma de Muestra en Análisis de Suelo. 6.
- C. Reyes, Y., Vergara, I., E. Terrones, O., Díaz, M., & E. Gonzáles, E. (2 016). Contaminación por Metales Pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. *Revista Ingeniería*, 66-67.
- Campo, A. M., & Duval, V. S. (2 014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihue Calé (Argentina). *Revistas UCM*, 18.
- Carmona, M., Gassen, D., & Scandiani., M. (s.f.). *Síntomas de fitotoxicidad en soja conocerlos para evitar confusiones* . Brasil.
- Castañeda Ceja, R. (24 de Marzo de 2 015). *Los metales pesados y sus efectos ambientales*.
- Castro Soto, G. (06 de Octubre de 2 012). *Diccionario Minero*. Obtenido de Otros Mundos: http://www.otrosmundoschiapas.org/docs/escaramujo/escaramujo626_diccionario_minero.pdf
- Comunidades. (2 004). *Ecología de Comunidades y Sistemas*.
- Delgadillo López, A. E., Gonzáles Ramírez, C. A., Prieto García, F., Villagómez Ibarra, J. R., & Acevedo Sandoval, O. (2 011). *Fitorremediación: Una Alternativa para eliminar la*

- contaminación. Obtenido de Tropical and Subtropical Agroecosystems:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>
- Diaz, M. (2 015). Distrito de Chugur. *Pueblos del Perú- Atlas Colaborativos del Peru*, 1.
 - Diez Hurtado, A. (2016). *Minería y planes de desarrollo local en Cajamarca, el caso de Hualgayoc (2 000-2 008)*. Lima.
 - Directorio Cartografico. (s.f.). Mapa de Chugur, Cajamarca, Hualgayoc, Chugur. *Dices.net*.
 - Durán Cuevas, P. A. (2 010). *Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana*. Obtenido de deposit.ub.edu: <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/36122>
 - Farías Durán, B. A. (2 003). *Concesión Minera Historia y Nulidad*. Obtenido de CEME: http://www.archivochile.com/tesis/05_te/05te0007.pdf
 - Ferré Huguet, N., Schuhmacher, M., Llobet, J., & Domingo, J. (2 007). Metales Pesados y Salud. *MAPFRESEGURIDAD*, 9.
 - Freire Rallo, S. (21 de Noviembre de 2 015). *Efectos de la contaminación por aluminio* . Obtenido de Investigación en salud ambiental y ecotoxicología: <https://toxamb.wordpress.com/2015/11/21/efectos-de-la-contaminacion-por-aluminio/>
 - García, C., Moreno, J., Hernández, M. T., & Polo, A. (2 002). *Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo*. Obtenido de biblioteca-digital.sag.gob.cl/...suelos_aguas...suelos/5_metales_pesados_suelo.pdf
 - Gobierno Regional Cajamarca. (Diciembre de 2 006). *Estudio de Diagnóstico y Zonificación para el Tratamiento de Demarcación Territorial de la provincia de Hualgayoc*. Obtenido de regioncajamarca.gob.pe: http://dt.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/documentos/EDZ/hualgayoc/doc/memoriad_espriptiva.pdf
 - Gobierno Regional de Cajamarca. (2 006). *Estudio de Diagnóstico y Zonificación para El Tratamiento de Demarcación Territorial de La Provincia de Hualgayoc*. Cajamarca.
 - GRUFIDES. (s.f.). Mapa de pasivos ambientales mineros - Hualgayoc, Chugur. *GRUFIDES*, 1.
 - Guerrero, P. (2 012). *Especies Nativas. La Guía - Geografía*.
 - Guías para el Manejo de Productos Químicos y Desechos Peligrosos. (s.f.). *Cromo VI*. Obtenido de Gobierno de Guatemala: <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/1992.pdf>
 - Gunnar Nordberg. (s.f.). *Metales: Propiedades Químicas y Toxicidad* . Obtenido de insht.es: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo_2/63.pdf
 - Herrera, H. P. (2 013). Los pasivos mineros ambientales y los conflictos sociales en Hualgayoc. *SOCIOLOGÍA*, 13.
 - Ingenieros Asociados S.A.C., (2 015). Actualización Hidrográfica e Hidrológica del Proyecto

Tantahuatay. Cajamarca.

- Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. (16 de Junio de 2 014). *Carex pichinchensis Kunth*. Obtenido de Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis: <http://coleccion.es.jbb.gov.co/herbario/especimen/3212>
- La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (Agosto de 2 007). *Plomo*. Obtenido de (ATSDR: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.pdf)
- Lavandaio, E. (2 008). *Conozcamos más sobre Minería*. Buenos Aires: Serie Publicaciones.
- Martella, M. B., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G., & Gleiser, R. (31 de Enero de 2 012). *Manual de Ecología Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres*. Obtenido de REDUCA (BIOLOGÍA): <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/905/918>
- Medina Marcos, K. D., & Montano Chávez, Y. N. (Septiembre de 2 014). *Determinación del Factor de Bioconcentración y Traslocación de metales pesados en Juncus arcticus Wild y Y Cortaderia rudiusscula Stapf, de Áreas Contaminadas con el Pasivo Ambiental Minero Alianza - Ancash 2 013*. Obtenido de biorem.univie.ac.at/: https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Medina_y_Montano_2014.pdf
- MINAM. (2 014). *Guía para el muestreo de suelos*. Lima: MAVET IMPRESIONES E.I.R.L.
- MINAM. (2 015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Lima: Ministerio del Ambiente. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- Minas de Almaden y Arrayanes S.A. & Servicio Prevención Riesgos Laborales. (2001). *Toxicología Del Mercurio. Actuaciones Preventivas En Sanidad Laboral Y Ambiental*. Lima.
- Ministerio de Minas y Energía - República de Colombia. (2 003). *Glosario Técnico Minero*. Obtenido de [anm.gov.co](https://www.anm.gov.co/): <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>
- Missouri Botanical Garden. (2 014). *Lachemilla orbiculata* (Ruiz & Pav.) Rydb.; Rosaceae . *Missouri Botanical Garden*, 1.
- Nordberg, G. (s.f.). Metales: Propiedades Químicas y Toxicidades. *Productos Químicos*.
- Núñez López, R. A., Von Meas, Y., Ortega Borges, R., & J. Olguín, E. (2 004). Fitorremediación: Conceptos y Aplicaciones. *Revista Ciencia*, 81.
- Peña Salamanca, E. J., Madera Parra, C. A., Sánchez, J. M., & Medina Vásquez, J. (s.f.). Bioprospección de Plantas Nativas para su uso en procesos de Biorremediación: Caso *Heliconia psittacorum* (Heliconiaceae). *SciELO*, 13.
- Pérez Garcia, P. E., & Azcona Cruz, M. I. (2 012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 8.
- Pilco Cedillo, F. B. (Noviembre de 2 012). *“La Contaminación Ambiental y el Desempeño*

- Institucional del Instituto Tecnológico Superior “Simón Bolívar” en el Año 2012. Elaboración de un modelo de Gestión Ambiental”. Obtenido de repositorio.ug.edu.ec: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1952/1/La%20contaminaci%C3%B3n%20ambiental%20y%20el%20desempe%C3%B1o%20institucional%20del%20instituto%20tecnol%C3%B3gico%20superior%20Sim%C3%B3n%20bolivar.pdf>*
- Pimentel, N. (2 010). Seminario para periodistas sobre oro. *El Oro y el BCV, Diversidad Económica y Armonía Ambiental.*, 30.
 - Prieto Méndez, J., Gonzáles Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2 009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Redalyc*, 29-44.
 - Prieto Méndez, J., González Ramírez, A. C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2 009). Contaminación y Fitotoxicidad en plantas por Metales Pesados provenientes de Suelos y Agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.
 - Proyecto Minería, M. Y. (s.f.). *Resumen Ejecutivo*. Obtenido de [pubs.iied.org: http://pubs.iied.org/pdfs/9287IIED.pdf](http://pubs.iied.org/pubs/iied.org/pdfs/9287IIED.pdf)
 - Puga, S., Sosa, M., Toutcha , L., Quintana , C., & Campos, A. (11 de 12 de 2 006). *Contaminación por Metales Pesados en Suelo provocada por la*. Obtenido de <http://eca-suelo.com.pe/wp-content/uploads/2015/05/Contaminaci%C3%B3n-Por-Metales-Pesados-En-Suelo-Provocada-Por-La-Industria-Minera.pdf>
 - Restrepo B., L. F., & González L., J. (2 007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 11.
 - Sabrozo González, M. d., & Pastor Eixarch, A. (2 004). *Guía sobre suelos contaminados*. Obtenido de [conectapyme.com: http://www.conectapyme.com/files/medio/guia_suelos_contaminados.pdf](http://www.conectapyme.com/files/medio/guia_suelos_contaminados.pdf)
 - Sánchez Pinzon , M. S. (Julio de 2 010). *Contaminacion por metales pesados en el Botadero de basuras de Moravia En Medellín: Transferencia a Flora y Fauna y Evaluacion del Potencial Fitorremediador de Especies Nativas e Introducidas* . Obtenido de <file:///C:/Users/UPNC-LBIO/Downloads/cien38.pdf>
 - Sánchez, S., Chávez, J., & Lucio., L. (2 015). *Pasivos Ambientales Mineros en la region Cajamarca*. Cajamarca.
 - Sela, G. (s.f.). El Hierro en las Plantas. *Smart Fertilizer Mangement*.
 - Sierra Villagrana, R. (2 006). *Fitorremediación de un Suelo Contaminado con Plomo por Actividad Industrial*. Obtenido de [repositorio.uaaan: http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/271/T15921%20SIERRA%20VILLAGRANA,%20RUBEN%20%20TESIS.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/271/T15921%20SIERRA%20VILLAGRANA,%20RUBEN%20%20TESIS.pdf?sequence=1)
 - Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía. (2 011). *Tajo Abierto y Socavón*. Obtenido

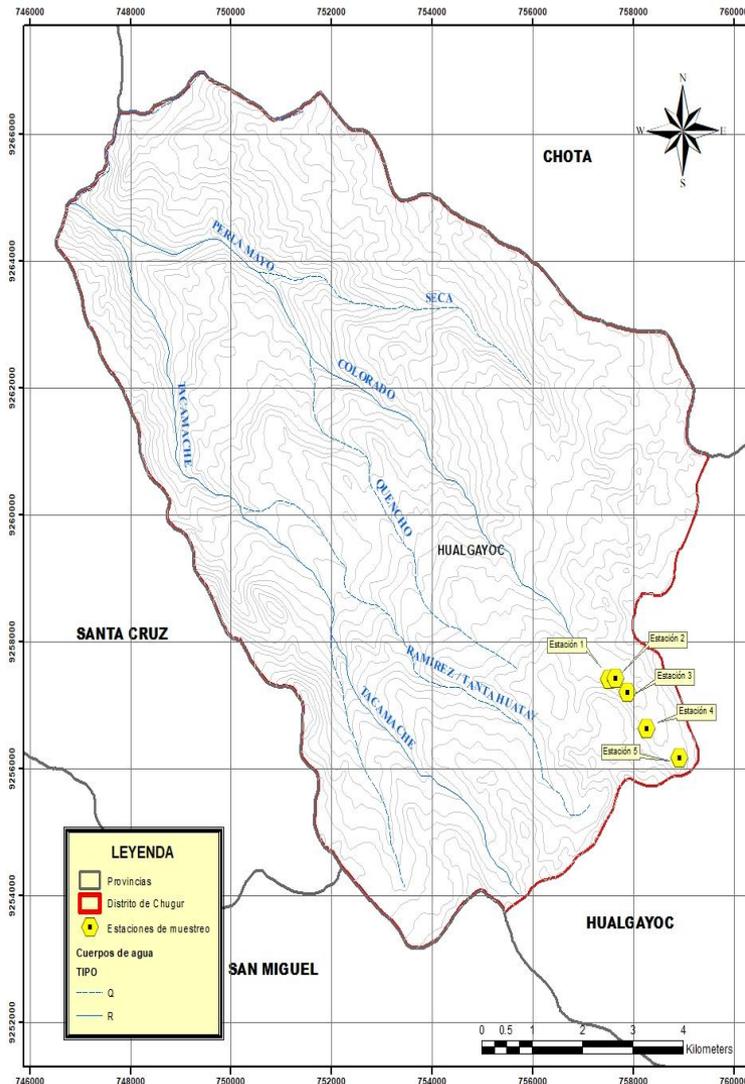
de www.exploradores.org.pe/pdf2.php?url=pdf/697/...Mineria-Tajo-abierto-y-socavon...

- Sociedad Nacional Minería Petróleo y Energía. (Abril de 2 012). *La Plata*. Obtenido de www.exploradores.org.pe/pdf2.php?url=pdf/705/Informe-Quincenal...La-plata.pdf
- Tropicos . (s.f.). *Calamagrostis Tarmensis Plig.* Obtenido de www.tropicos.org: <http://www.tropicos.org/Name/25512908>
- Trópicos. (s.f.). *Paspalum bonplandianum.* Obtenido de Trópicos: <http://www.mobot.org/mobot/ParamoCajas/results.aspx?taxname=Paspalum%20bonplandianum>
- UCV. (2 012). Inventario Florístico y de Malezas. Estudios de Vegetación.
- Velázquez Monroy , M. D., & Ordorica Vargas, M. Á. (2 009). *Ácidos, Bases, pH y Soluciones Reguladoras.*

ANEXOS

ANEXO 1. Mapa de identificación de zona de pasivos mineros El Sinchao.

MAPA: 1 Delimitación del área de estudio.



Ubicación de Cajamarca



Ubicación de Hualgayoc

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
MAPA: Estaciones de muestreo en Área de Estudio del Sinchao		
Fuente: Instituto Geográfico Nacional - IGN	Alumnos: Dávila Mego, Nancy Karina Walter Villegas, Lorena Chabeli	
Fecha: Noviembre - 2017	Datum - Projection: WGS84 - UTM Zone17S	Escala: 1:60.000

ANEXO 2. Identificación de Estaciones de Muestreo.

Figure 1. Estaciones de muestreo



ANEXO 3. PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Método del Cuadrado





Fotografía 2. Levantamiento de flora herbácea silvestre.



Fotografía 3. Elaboración de herbario.



Fotografía 4. Prensa Botánica

**Fotografía 5. Toma de muestra
de suelo**



**Fotografía 6. Toma de muestra de
flora herbácea silvestre**



**Fotografía 7. Conservación de
muestras**



**Fotografía 8. Pesado de
muestras**

ANEXO 4. Informe de ensayo del Laboratorio S.A.G.

Figura 2. Métodos de análisis químicos para tejido vegetal y suelo.



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 116504 - 2017
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL : LORENA CHABELI WALTER VILLEGAS
DOMICILIO LEGAL : PSJE CHEPEN 141 - CAJAMARCA - CAJAMARCA
SOLICITADO POR : LORENA CHABELI WALTER VILLEGAS
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA : HUALGAYOC
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2017-11-05
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2017-11-05
MUESTREO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

SUELO		
Ensayo	Método	Unidades
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Tallo, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	EPA 3050-B (1996) / EPA-Method 200.7 Revision 4.4(1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 December 1996 / Determination of Metals and Trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	mg/kg
TEJIDO VEGETAL		
Ensayo	Método	Unidades
*Metales: Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Calcio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Tallo, Vanadio, Zinc, Uranio.	EPA Method 200.3, Rev. 1, April.1991. Metals, Total Recoverable in Biological Tissues / EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version 1994.	mg/Kg


Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: FI.02/Versión: 07/FE:10/2017

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEWW - APHA - AWWA - WEF 22nd. Edition 2012. EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Página 1 de 7

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Figura 3. Resultados de muestras de suelo



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 116504 - 2017
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Suelo	Suelo	
Matriz analizada	Suelo	Suelo	
Fecha de muestreo	2017-11-01	2017-11-01	
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	11:00	
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	
Código del Cliente	SC	SNC	
Código del Laboratorio	1711346	1711347	
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	13.35
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	5688.0
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	885.0
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	197.1
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	627.2
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	14.29
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	32.6
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	<0.05
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	7.65
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	2219.8
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	1.4
Potasio (K)	4.3	mg/kg	603.9
Litio (Li)	0.3	mg/kg	1.6
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	298.6
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	119.98
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	5.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	190.0
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	1722.4
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	1570.97
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	39.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	7.1
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	16.0
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	31.59
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	2.2
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	18.67
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	373.1

L.D.M.: límite de detección del método.
Resultados en base seca.


Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: F1.02/versión: 07/FE/10/2017

* El Método Indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEWV - APHA - AWWA - WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de parabilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 7

Figure 4. Resultados del tejido vegetal para *Calamagrostis tarmensis* y *Paspalum bonplandianum* de la zona las Gradass



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 116504 - 2017
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal		
Matriz analizada	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal		
Fecha de muestreo	2017-11-01	2017-11-01	2017-11-01	2017-11-01		
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	11:00	11:00	11:00		
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código del Cliente	NCP1 - T	NCP2 - T	NCP1 - R	NCP2 - R		
Código del Laboratorio	1711326	1711327	1711328	1711329		
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
*Metales						
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07	<0.07	0.36
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	24.0	422.7	131.5	1184.3
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	0.8	4.8	2.2	6.5
Boro (B)	0.2	mg/kg	1.3	2.8	1.4	1.5
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	4.2	16.4	10.8	10.1
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	0.03	0.05	0.12
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	739.0	2682.4	890.8	1125.1
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	0.06	1.02	0.18	1.54
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	0.3	1.6	0.5	3.3
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	<0.05	0.50	0.23	2.00
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.40	1.94	0.50	1.92
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	3.2	18.1	4.4	30.7
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	89.3	1063.4	276.0	1686.3
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	9247.2	20230.8	5851.3	6800.4
Litio (Li)	0.3	mg/kg	0.4	<0.3	<0.3	0.4
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	485.0	1843.0	382.5	1166.5
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	233.54	399.48	176.66	393.01
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.5	0.4	1.9	0.9
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	33.2	47.7	64.3	113.7
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	0.07	1.44	0.11	2.15
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	939.4	2113.4	1114.7	1498.7
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	0.48	12.79	0.89	28.40
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	0.3	0.4
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	0.4	<0.3	0.5
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.2	0.3	0.4	0.3
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	5.9	14.9	10.3	6.8
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	0.20	7.18	0.46	12.28
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	0.3	0.6	0.3	1.2
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	<0.04	0.25	0.20	0.55
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	14.1	261.8	24.0	415.6
Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7

L.D.M.: límite de detección del método.

* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL -DA.
Resultados en base seca.

Quim. Belbén Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: FI.02/Version: 07/F.E:10/2017

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEWW - APHA - AWWA - WEF. 2nd. Edition 2012. EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Página 3 de 7

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Malto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Figura 5. Resultados del tejido vegetal para *Carex pichinchensis* y *Lachemilla orbiculata* de la zona las Gradass



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 116504 - 2017
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal
Matriz analizada	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal
Fecha de muestreo	2017-11-01	2017-11-01	2017-11-01	2017-11-01
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	11:00	11:00	11:00
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	NCP3 - T	NCP3 - R	NCP4 - T	NCP4 - R
Código del Laboratorio	1711330	1711331	1711332	1711333
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados	
*Metales				
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	18.6	252.8
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	0.9	1.4
Boro (B)	0.2	mg/kg	3.9	2.9
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	10.8	13.8
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	<0.03
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	1236.1	583.3
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	0.07	0.27
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	0.2	0.5
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	0.19	0.48
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.11	0.22
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	16.8	37.6
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	81.0	519.3
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	17903.9	7216.8
Litio (Li)	0.3	mg/kg	0.3	<0.3
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	1045.4	605.6
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	369.91	129.24
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	1.0	2.0
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	25.5	49.4
Niquel (Ni)	0.06	mg/kg	0.65	0.44
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	1529.4	778.2
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	0.58	1.90
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	0.6	0.5
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.2	0.2
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	11.2	9.1
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	0.17	0.49
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	0.7
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	<0.04	0.12
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	34.5	35.8
Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7	<0.7

L.D.M.: límite de detección del método.

* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA.

Resultados en base seca.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: F102/Version: 07/FE/10/2017

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEHW - ALPHA - ANWA - WEF 22nd. Edition 2012. EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima

• Central Telefónica (511) 425-8885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 4 de 7

Figura 6. Resultados del tejido vegetal para *Juncus conglomeratus* de las Gradas y *Calamagrostis tarmensis* del Sinchao



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 116504 - 2017
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal		
Matriz analizada	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal		
Fecha de muestreo	2017-11-01	2017-11-01	2017-11-01	2017-11-01		
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	11:00	11:00	11:00		
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código del Cliente	NCP5 - T	NCP5 - R	CP1 - T	CP1 - R		
Código del Laboratorio	1711334	1711335	1711336	1711337		
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
*Metales						
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	0.20	0.46	0.14	18.20
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	26.8	879.6	36.2	471.2
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	0.3	10.1	6.8	52.7
Boro (B)	0.2	mg/kg	5.3	2.1	1.9	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	3.3	7.3	4.8	6.5
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	0.04	<0.03	0.03
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	2607.1	1268.5	1010.5	352.5
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	0.99	2.58	0.52	4.40
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	0.7	2.6	0.3	5.1
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	<0.05	0.91	<0.05	0.55
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.07	1.45	0.80	0.65
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	10.4	40.6	45.9	533.7
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	191.7	4296.6	785.4	14468.2
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	11407.0	7544.0	11736.1	1688.0
Litio (Li)	0.3	mg/kg	<0.3	0.3	<0.3	<0.3
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	1448.0	850.2	406.9	125.4
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	281.09	235.65	515.60	74.40
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2	0.3	<0.2	0.8
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	6197.9	3399.1	14.6	60.2
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	0.20	0.77	0.18	3.31
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	1576.5	2070.2	1354.6	711.8
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	1.11	27.28	15.59	145.78
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2	0.2	0.3	5.8
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	0.4	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.2	0.2	0.3	0.7
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	11.5	9.2	1.4	2.3
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	0.47	10.96	0.58	3.49
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	0.4	0.6	4.7	11.9
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	<0.04	0.77	<0.04	1.12
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	93.6	152.6	81.3	88.4
Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7	<0.7	<0.7	1.5

L.D.M.: límite de detección del método.

* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL -DA.
Resultados en base seca.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: FI 02/Version: 07/E:10/2017

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEWW - APHA - AWWA - WEF. 2nd. Edition 2012. EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Página 6 de 7

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Malto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Figura 7. Resultados del tejido vegetal para *Paspalum bonplandianum* y *Carex pichinchensis* del Sinchao



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 116504 - 2017
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal
Matriz analizada	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal
Fecha de muestreo	2017-11-01	2017-11-01	2017-11-01	2017-11-01
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	11:00	11:00	11:00
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	CP2 - T	CP2 - R	CP3 - T	CP3 - R
Código del Laboratorio	1711338	1711339	1711340	1711341
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados	
*Metales				
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	<0.07
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	305.6	2539.0
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	15.0	174.5
Boro (B)	0.2	mg/kg	2.9	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	17.1	33.8
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	0.06
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	2845.0	1572.8
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	0.70	3.58
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	0.6	5.0
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	0.46	1.36
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.44	2.72
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	30.8	166.7
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	1271.4	14978.8
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	0.3
Potasio (K)	4.3	mg/kg	18109.1	7842.9
Litio (Li)	0.3	mg/kg	<0.3	0.6
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	1044.6	590.9
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	284.01	206.29
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.5	2.5
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	31.0	30.0
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	2.00	1.21
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	1585.6	1147.8
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	10.07	88.73
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.7	12.3
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.3	1.1
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	6.5	7.5
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	2.23	13.90
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	0.4	0.8
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	0.28	4.38
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	362.9	397.3
Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7	1.5

L.D.M.: límite de detección del método.

* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA.

Resultados en base seca.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod.: F. 02/Version: 07/FE/10/2017

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEIWW - APHA - AWWA - WEF. 2nd. Edition 2012. EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Es totalmente prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de posibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Página 8 de 7

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Figura 8. Resultados del tejido vegetal para *Lachemilla orbiculata* y *Juncus conglomeratus* del Sinchao



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 116504 - 2017
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal
Matriz analizada	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal	Tejido vegetal
Fecha de muestreo	2017-11-01	2017-11-01	2017-11-01	2017-11-01
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	11:00	11:00	11:00
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	CP4 - T	CP4 - R	CP5 - T	CP5 - R
Código del Laboratorio	1711342	1711343	1711344	1711345
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados	
*Metales				
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	0.08	0.16
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	112.8	348.9
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	13.3	27.5
Boro (B)	0.2	mg/kg	24.5	13.4
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	28.9	30.0
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03	0.04
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	18397.1	10831.2
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	1.29	3.80
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	1.1	1.3
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	0.40	0.91
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.58	1.26
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	24.7	56.1
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	826.6	1697.0
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1	<0.1
Potasio (K)	4.3	mg/kg	20452.7	4842.3
Litio (Li)	0.3	mg/kg	0.4	0.4
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	967.2	945.3
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	293.09	245.74
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.2	0.5
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	35.8	18.0
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	1.68	0.99
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	1760.1	1094.3
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	11.83	34.57
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.2	2.0
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.3	0.5
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	34.9	24.5
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	2.23	5.18
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	0.7	1.0
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	0.17	0.52
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	268.9	294.1
Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7	<0.7

L.D.M.: límite de detección del método.

* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA.

Resultados en base seca.

Lima, 23 de Noviembre del 2017

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648

Asesor Técnico Químico

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: SMEWW - APHA - AWWA - WEF 22nd, Edition 2012. EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de porocibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Página 7 de 7

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Cod.: FI.02/Versión: 07/FE/10/2017

ANEXO 5. Tablas de cálculo para determinar el valor de importancia de la flora

Tabla 12: Densidad Total de las especies de flora herbácea silvestre

	N° de individuos	Área	Resultado
Densidad Total	1673	15	111.53

Tabla 13: Densidad Relativa de las especies de flora herbácea silvestre

DENSIDAD RELATIVA				
Especies	Nº Individuos de una especie en todos los cuadrados	Nº Total de individuos de todos los cuadrados.	*100	Resultado
<i>Calamagrostis tarmensis Pilg.</i>	129	1673	100	7.71
<i>Werneria nubigena Kunth</i>	1	1673	100	0.06
<i>Cyperus Sp.</i>	39	1673	100	2.33
<i>Paspalum bonplandianum Flügge</i>	126	1673	100	7.53
<i>Carex pichinchensis Kunth</i>	141	1673	100	8.43
<i>Lachemilla vulcanica (Cham. & Schtdl). Rydb.</i>	3	1673	100	0.18
<i>Werneria Stuebelii Kunth</i>	1	1673	100	0.06
<i>Hypochaeris sessiliflora Kunth</i>	54	1673	100	3.23
<i>Poaceae Sp1</i>	16	1673	100	0.96
<i>Noticastrum marginatum Kunth Cuatrec.</i>	1	1673	100	0.06
<i>Bidens andicola var. Andicola</i>	15	1673	100	0.90
<i>Distichia filamentosa Buchenau</i>	2	1673	100	0.12
<i>Trifolium repens L.</i>	39	1673	100	2.33
<i>Juncus conglomeratus L.</i>	19	1673	100	1.14
<i>Bulbostylis juncooides (Vahl) Kük. ex Herter</i>	72	1673	100	4.30
<i>Pennisetum clandestinum Hochst.ex.Chiov.</i>	1	1673	100	0.06
<i>Gentianella graminea (Kunth) Fabris.</i>	90	1673	100	5.38
<i>Hieracium laevigatum Hill</i>	3	1673	100	0.18
<i>Paranephelium uniflorus A. Gray ex Wedd.</i>	1	1673	100	0.06
<i>Gaultheria myrsinoides Kunth</i>	37	1673	100	2.21
<i>Lysipomia Sp.</i>	72	1673	100	4.30
<i>Puya sp.</i>	70	1673	100	4.18
<i>Jamesonia alstonii A.F.Tryon</i>	5	1673	100	0.30
<i>Pentacalia andicola (Turez.) cuatrec.</i>	2	1673	100	0.12
<i>Caryophyllaceae sp1.</i>	15	1673	100	0.90
<i>Eryngium humile cav.</i>	1	1673	100	0.06
<i>Funaria hygrometrica Hedw.</i>	21	1673	100	1.26
<i>Nertera granadensis (Mutis ex L.f.) Druce</i>	8	1673	100	0.48

Especies	Nº Individuos de una especie en todos los cuadrados	Nº Total de individuos de todos los cuadrados.	*100	Resultado
<i>Rumex acetosella L.</i>	65	1673	100	3.89
<i>Gnaphalium americanum Mill.</i>	54	1673	100	3.23
<i>Azorella julianii Mathias & Constance</i>	10	1673	100	0.60
<i>Poaceae Sp2</i>	11	1673	100	0.66
<i>Muhlenbergia peruviana (P. Beauv. Steud.)</i>	68	1673	100	4.06
<i>Geranium sp.</i>	19	1673	100	1.14
<i>Disterigma empetrifolium (Kunth) Nied.</i>	19	1673	100	1.14
<i>Ranunculus sp.</i>	53	1673	100	3.17
<i>Acaulimalva sp.</i>	19	1673	100	1.14
<i>Loricaria ferruginea (Ruiz & Pav) Wedd.</i>	15	1673	100	0.90
<i>Plantago australis Lam.</i>	36	1673	100	2.15
<i>Huperzia crassa (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Rothm.</i>	3	1673	100	0.18
<i>Cladonia Sp1.</i>	1	1673	100	0.06
<i>Cladonia Sp2.</i>	9	1673	100	0.54
<i>Graphalium sp1.</i>	2	1673	100	0.12
<i>Dactylis glomerata L.</i>	26	1673	100	1.55
<i>Taraxacum officinale (L.) Weber ex F.H. Wigg.</i>	4	1673	100	0.24
<i>Ageratum conyzoides (L.) L.</i>	5	1673	100	0.30
<i>Achyrocline alata (Kunth) DC.</i>	19	1673	100	1.14
<i>Daucus montanos Humb. & Bonpl. Ex schult.</i>	8	1673	100	0.48
<i>Capsella bursa - pastoris (L.) Medik</i>	1	1673	100	0.06
<i>Vicia gramínea sm.</i>	6	1673	100	0.36
<i>Viola arvensis Murray</i>	3	1673	100	0.18
<i>Portulacaceae sp.</i>	2	1673	100	0.12
<i>Lupinus microphyllus Desr.</i>	2	1673	100	0.12
<i>Polypogon sp.</i>	5	1673	100	0.30
<i>Asteraceae sp.</i>	27	1673	100	1.61
<i>Plantago sericea Ruiz & Pav.</i>	3	1673	100	0.18
<i>Castilleja sp.</i>	18	1673	100	1.08
<i>Oreomyrrhis andicola (Kunth) Endl. ex Hook. f.</i>	8	1673	100	0.48
<i>Stachys sp.</i>	7	1673	100	0.42
<i>Saxifraga magellianica Poir.</i>	2	1673	100	0.12
<i>Helecho sp.</i>	1	1673	100	0.06
<i>Lachemilla orbiculata (Ruiz & Pav) Rydb.</i>	157	1673	100	9.38
<i>Thamnotia vermicularis (Sw.) Ach. Ex. Schaer Subsp Vermicularis.</i>	1	1673	100	0.06

Tabla 14: Densidad de las especies de flora herbácea silvestre

DENSIDAD DE LAS ESPECIES				
Especies	Densidad relativa de una especie	Densidad total	/100	Resultado
<i>Calamagrostis tarmensis Pilg.</i>	7.71	111.53	100.00	8.60
<i>Werneria nubigena Kunth</i>	0.06	111.53	100.00	0.07
<i>Cyperus Sp.</i>	2.33	111.53	100.00	2.60
<i>Paspalum bonplandianum Flügge</i>	7.53	111.53	100.00	8.40
<i>Carex pichinchensis Kunth</i>	8.43	111.53	100.00	9.40
<i>Lachemilla vulcanica (Cham. & Schlttdl). Rydb.</i>	0.18	111.53	100.00	0.20
<i>Werneria Stuebelii Kunth</i>	0.06	111.53	100.00	0.07
<i>Hypochaeris sessiliflora Kunth</i>	3.23	111.53	100.00	3.60
<i>Poaceae Sp1</i>	0.96	111.53	100.00	1.07
<i>Noticastrum marginatum Kunth Cuatrec.</i>	0.06	111.53	100.00	0.07
<i>Bidens andicola var. Andicola</i>	0.90	111.53	100.00	1.00
<i>Distichia filamentosa Buchenau</i>	0.12	111.53	100.00	0.13
<i>Trifolium repens L.</i>	2.33	111.53	100.00	2.60
<i>Juncus conglomeratus L.</i>	1.14	111.53	100.00	1.27
<i>Bulbostylis juncooides (Vahl) Kük. ex Herter</i>	4.30	111.53	100.00	4.80
<i>Pennisetum clandestinum Hochst.ex.Chiov.</i>	0.06	111.53	100.00	0.07
<i>Gentianella graminea (Kunth) Fabris.</i>	5.38	111.53	100.00	6.00
<i>Hieracium laevigatum Hill</i>	0.18	111.53	100.00	0.20
<i>Paranephelius uniflorus A. Gray ex Wedd.</i>	0.06	111.53	100.00	0.07
<i>Gaultheria myrsinoides Kunth</i>	2.21	111.53	100.00	2.47
<i>Lysipomia Sp.</i>	4.30	111.53	100.00	4.80
<i>Puya sp.</i>	4.18	111.53	100.00	4.67
<i>Jamesonia alstonii A.F.Tryon</i>	0.30	111.53	100.00	0.33
<i>Pentacalia andicola (Turez.) cuatrec.</i>	0.12	111.53	100.00	0.13
<i>Caryophyllaceae sp1.</i>	0.90	111.53	100.00	1.00
<i>Eryngium humile cav.</i>	0.06	111.53	100.00	0.07
<i>Funaria hygrometrica Hedw.</i>	1.26	111.53	100.00	1.40
<i>Nertera granadensis (Mutis ex L.f.) Druce</i>	0.48	111.53	100.00	0.53
<i>Rumex acetosella L.</i>	3.89	111.53	100.00	4.33
<i>Gnaphalium americanum Mill.</i>	3.23	111.53	100.00	3.60
<i>Azorella julianii Mathias & Constance</i>	0.60	111.53	100.00	0.67
<i>Poaceae Sp2</i>	0.66	111.53	100.00	0.73
<i>Muhlenbergia peruviana (P. Beauv.Steud.)</i>	4.06	111.53	100.00	4.53
<i>Geranium sp.</i>	1.14	111.53	100.00	1.27
<i>Disterigma empetrifolium (Kunth) Nied.</i>	1.14	111.53	100.00	1.27

Especies	Densidad relativa de una especie	Densidad total	/100	Resultado
<i>Ranunculus sp.</i>	3.17	111.53	100.00	3.53
<i>Acaulimalva sp.</i>	1.14	111.53	100.00	1.27
<i>Loricaria ferruginea</i> (Ruiz & Pav) Wedd.	0.90	111.53	100.00	1.00
<i>Plantago australis</i> Lam.	2.15	111.53	100.00	2.40
<i>Huperzia crassa</i> (Humb. & Bonpl.ex Willd.) Rothm.	0.18	111.53	100.00	0.20
<i>Cladonia Sp1.</i>	0.06	111.53	100.00	0.07
<i>Cladonia Sp2.</i>	0.54	111.53	100.00	0.60
<i>Graphalium sp1.</i>	0.12	111.53	100.00	0.13
<i>Dactylis glomerate</i> L.	1.55	111.53	100.00	1.73
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg.	0.24	111.53	100.00	0.27
<i>Ageratum conyzoides</i> (L.) L.	0.30	111.53	100.00	0.33
<i>Achyrocline alata</i> (Kunth)DC.	1.14	111.53	100.00	1.27
<i>Daucus montanos</i> Humb. & Bonpl. Ex schult.	0.48	111.53	100.00	0.53
<i>Capsella bursa - pastoris</i> (L.) Medik	0.06	111.53	100.00	0.07
<i>Vicia gramínea</i> sm.	0.36	111.53	100.00	0.40
<i>Viola arvencis</i> Murray	0.18	111.53	100.00	0.20
<i>Portulacaceae sp.</i>	0.12	111.53	100.00	0.13
<i>Lupinus microphyllus</i> Desr.	0.12	111.53	100.00	0.13
<i>Polypogon sp.</i>	0.30	111.53	100.00	0.33
<i>Asteraceae sp.</i>	1.61	111.53	100.00	1.80
<i>Plantago sericea</i> Ruiz &Pav.	0.18	111.53	100.00	0.20
<i>Castilleja sp.</i>	1.08	111.53	100.00	1.20
<i>Oreomyrrhis andicola</i> (Kunth) Endl. ex Hook. f.	0.48	111.53	100.00	0.53
<i>Stachys sp.</i>	0.42	111.53	100.00	0.47
<i>Saxifraga magellianica</i> Poir.	0.12	111.53	100.00	0.13
<i>Helecho sp.</i>	0.06	111.53	100.00	0.07
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav) Rydb.	9.38	111.53	100.00	10.47
<i>Thamnotia vermicularis</i> (Sw.) Ach. Ex. Schaer Subsp Vermicularis.	0.06	111.53	100.00	0.07

Tabla 15: Densidad de las especies de flora herbácea silvestre

FRECUENCIA DE UNA ESPECIE			
Especies	N° cuadrados en los que aparece una especie	N° Total de cuadrado	Frecuencia
<i>Calamagrostis tarmensis Pilg.</i>	9	15	0.60
<i>Werneria nubigena Kunth</i>	1	15	0.07
<i>Cyperus Sp.</i>	5	15	0.33
<i>Paspalum bonplandianum Flügge</i>	3	15	0.20
<i>Carex pichinchensis Kunth</i>	3	15	0.20
<i>Lachemilla vulcanica (Cham. & Schldl). Rydb.</i>	1	15	0.07
<i>Werneria Stuebelii Kunth</i>	1	15	0.07
<i>Hypochaeris sessiliflora Kunth</i>	5	15	0.33
<i>Poaceae Sp1</i>	4	15	0.27
<i>Noticastrum marginatum Kunth Cuatrec.</i>	1	15	0.07
<i>Bidens andicola var. Andicola</i>	6	15	0.40
<i>Distichia filamentosa Buchenau</i>	1	15	0.07
<i>Trifolium repens L.</i>	6	15	0.40
<i>Juncus conglomeratus L.</i>	3	15	0.20
<i>Bulbostylis juncoides (Vahl) Kük. ex Herter</i>	4	15	0.27
<i>Pennisetum clandestinum Hochst.ex.Chiov.</i>	1	15	0.07
<i>Gentianella graminea (Kunth) Fabris.</i>	2	15	0.13
<i>Hieracium laevigatum Hill</i>	1	15	0.07
<i>Paranephelius uniflorus A. Gray ex Wedd.</i>	1	15	0.07
<i>Gaultheria myrsinoides Kunth</i>	6	15	0.40
<i>Lysipomia Sp.</i>	3	15	0.20
<i>Puya sp.</i>	4	15	0.27
<i>Jamesonia alstonii A.F.Tryon</i>	2	15	0.13
<i>Pentacalia andicola (Turez.) cuatrec.</i>	2	15	0.13
<i>Caryophyllaceae sp1.</i>	1	15	0.07
<i>Eryngium humile cav.</i>	2	15	0.13
<i>Funaria hygrometrica Hedw.</i>	1	15	0.07
<i>Nertera granadensis (Mutis ex L.f.) Druce</i>	1	15	0.07
<i>Rumex acetosella L.</i>	2	15	0.13
<i>Gnaphalium americanum Mill.</i>	4	15	0.27
<i>Azorella julianii Mathias & Constance</i>	1	15	0.07
<i>Poaceae Sp2</i>	1	15	0.07

Especies	N° cuadrados en los que aparece una especie	N° Total de cuadrado	Frecuencia
<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv. Steud.)	6	15	0.40
<i>Geranium</i> sp.	4	15	0.27
<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Nied.	3	15	0.20
<i>Ranunculus</i> sp.	3	15	0.20
<i>Acaulimalva</i> sp.	2	15	0.13
<i>Loricaria ferruginea</i> (Ruiz & Pav) Wedd.	2	15	0.13
<i>Plantago australis</i> Lam.	4	15	0.27
<i>Huperzia crassa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Rothm.	1	15	0.07
<i>Cladonia</i> Sp1.	1	15	0.07
<i>Cladonia</i> Sp2.	1	15	0.07
<i>Graphalium</i> sp1.	1	15	0.07
<i>Dactylis glomerata</i> L.	2	15	0.13
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg.	2	15	0.13
<i>Ageratum conyzoides</i> (L.) L.	1	15	0.07
<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	3	15	0.20
<i>Daucus montanos</i> Humb. & Bonpl. Ex schult.	2	15	0.13
<i>Capsella bursa - pastoris</i> (L.) Medik	1	15	0.07
<i>Vicia gramínea</i> sm.	2	15	0.13
<i>Viola arvencis</i> Murray	1	15	0.07
<i>Portulacaceae</i> sp.	1	15	0.07
<i>Lupinus microphyllus</i> Desr.	2	15	0.13
<i>Polypogon</i> sp.	2	15	0.13
<i>Asteraceae</i> sp.	1	15	0.07
<i>Plantago sericea</i> Ruiz & Pav.	1	15	0.07
<i>Castilleja</i> sp.	2	15	0.13
<i>Oreomyrrhis andicola</i> (Kunth) Endl. ex Hook. f.	1	15	0.07
<i>Stachys</i> sp.	1	15	0.07
<i>Saxifraga magellianica</i> Poir.	2	15	0.13
<i>Helecho</i> sp.	1	15	0.07
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav) Rydb.	8	15	0.53
<i>Thamnotia vermicularis</i> (Sw.) Ach. Ex. Schaer Subsp <i>Vermicularis</i> .	1	15	0.07

Tabla 16: Frecuencia relativa de las especies de flora herbácea silvestre

FRECUENCIA RELATIVA DE UNA ESPECIE				
Especies	Frecuencia de una especie	Frecuencia total de especies	*100	Frecuencia Relativa
<i>Calamagrostis tarmensis</i> Pilg.	0.60	10.20	100	5.88
<i>Werneria nubigena</i> Kunth	0.07	10.20	100	0.65
<i>Cyperus</i> Sp.	0.33	10.20	100	3.27
<i>Paspalum bonplandianum</i> Flüggé	0.20	10.20	100	1.96
<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	0.20	10.20	100	1.96
<i>Lachemilla vulcanica</i> (Cham. & Schldl). Rydb.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Werneria Stuebelii</i> Kunth	0.07	10.20	100	0.65
<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	0.33	10.20	100	3.27
<i>Poaceae</i> Sp1	0.27	10.20	100	2.61
<i>Noticastrum marginatum</i> Kunth Cuatrec.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Bidens andicola</i> var. <i>Andicola</i>	0.40	10.20	100	3.92
<i>Distichia filamentosa</i> Buchenau	0.07	10.20	100	0.65
<i>Trifolium repens</i> L.	0.40	10.20	100	3.92
<i>Juncus conglomeratus</i> L.	0.20	10.20	100	1.96
<i>Bulbostylis juncoides</i> (Vahl) Kük. ex Herter	0.27	10.20	100	2.61
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.ex.Chiov.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Gentianella graminea</i> (Kunth) Fabris.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Hieracium laevigatum</i> Hill	0.07	10.20	100	0.65
<i>Paranephelius uniflorus</i> A. Gray ex Wedd.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Gaultheria myrsinoides</i> Kunth	0.40	10.20	100	3.92
<i>Lysipomia</i> Sp.	0.20	10.20	100	1.96
<i>Puya</i> sp.	0.27	10.20	100	2.61
<i>Jamesonia alstonii</i> A.F.Tryon	0.13	10.20	100	1.31
<i>Pentacalia andicola</i> (Turez.) cuatrec.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Caryophyllaceae</i> sp1.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Eryngium humile</i> cav.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L.f.) Druce	0.07	10.20	100	0.65
<i>Rumex acetosella</i> L.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	0.27	10.20	100	2.61

Especies	Frecuencia de una especie	Frecuencia total de especies	*100	Frecuencia Relativa
<i>Azorella julianii</i> Mathias & Constance	0.07	10.20	100	0.65
<i>Poaceae</i> Sp2	0.07	10.20	100	0.65
<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv. Steud.)	0.40	10.20	100	3.92
<i>Geranium</i> sp.	0.27	10.20	100	2.61
<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Nied.	0.20	10.20	100	1.96
<i>Ranunculus</i> sp.	0.20	10.20	100	1.96
<i>Acaulimalva</i> sp.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Loricaria ferruginea</i> (Ruiz & Pav) Wedd.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Plantago australis</i> Lam.	0.27	10.20	100	2.61
<i>Huperzia crassa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Rothm.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Cladonia</i> Sp1.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Cladonia</i> Sp2.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Graphalium</i> sp1.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Dactylis glomerata</i> L.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Ageratum conyzoides</i> (L.) L.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	0.20	10.20	100	1.96
<i>Daucus montanos</i> Humb. & Bonpl. Ex schult.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Capsella bursa - pastoris</i> (L.) Medik	0.07	10.20	100	0.65
<i>Vicia gramínea</i> sm.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Viola arvencis</i> Murray	0.07	10.20	100	0.65
<i>Portulacaceae</i> sp.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Lupinus microphyllus</i> Desr.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Polypogon</i> sp.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Asteraceae</i> sp.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Plantago sericea</i> Ruiz & Pav.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Castilleja</i> sp.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Oreomyrrhis andicola</i> (Kunth) Endl. ex Hook. f.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Stachys</i> sp.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Saxifraga magellianica</i> Poir.	0.13	10.20	100	1.31
<i>Helecho</i> sp.	0.07	10.20	100	0.65
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav) Rydb.	0.53	10.20	100	5.23
<i>Thamnotia vermicularis</i> (Sw.) Ach. Ex. Schaer Subsp <i>Vermicularis</i> .	0.07	10.20	100	0.65
TOTAL	10.20			

Tabla 17: Promedio de Dominancia de las especies de flora herbácea silvestre

PROMEDIO DE DOMINANCIA			
Especies	Nº cuadrados en los que domina la especie	Nº Total de cuadrados	RESULTADO
<i>Calamagrostis tarmensis</i> Pilg.	2	15	0.13
<i>Werneria nubigena</i> Kunth	0	15	0.00
<i>Cyperus</i> Sp.	0	15	0.00
<i>Paspalum bonplandianum</i> Flüggé	1	15	0.07
<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	1	15	0.07
<i>Lachemilla vulcanica</i> (Cham. & Schlttdl). Rydb.	0	15	0.00
<i>Werneria Stuebelii</i> Kunth	0	15	0.00
<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	0	15	0.00
Poaceae Sp1	0	15	0.00
<i>Noticastrum marginatum</i> Kunth Cuatrec.	0	15	0.00
<i>Bidens andicola</i> var. <i>Andicola</i>	0	15	0.00
<i>Distichia filamentosa</i> Buchenau	0	15	0.00
<i>Trifolium repens</i> L.	0	15	0.00
<i>Juncus conglomeratus</i> L.	0	15	0.00
<i>Bulbostylis juncooides</i> (Vahl) Kük. ex Herter	1	15	0.07
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.ex.Chiov.	0	15	0.00
<i>Gentianella graminea</i> (Kunth) Fabris.	1	15	0.07
<i>Hieracium laevigatum</i> Hill	0	15	0.00
<i>Paranephelius uniflorus</i> A. Gray ex Wedd.	0	15	0.00
<i>Gaultheria myrsinoides</i> Kunth	0	15	0.00
<i>Lysipomia</i> Sp.	1	15	0.07
<i>Puya</i> sp.	1	15	0.07
<i>Jamesonia alstonii</i> A.F.Tryon	0	15	0.00
<i>Pentacalia andicola</i> (Turez.) cuatrec.	0	15	0.00
Caryophyllaceae sp1.	0	15	0.00
<i>Eryngium humile</i> cav.	0	15	0.00
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	0	15	0.00
<i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L.f.) Druce	0	15	0.00
<i>Rumex acetosella</i> L.	2	15	0.13
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	1	15	0.07
<i>Azorella julianii</i> Mathias & Constance	0	15	0.00
Poaceae Sp2	0	15	0.00
<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.Steud.)	0	15	0.00

Especies	Nº cuadrados en los que domina la especie	Nº Total de cuadrados	RESULTADO
<i>Geranium sp.</i>	0	15	0.00
<i>Disterigma empetrifolium (Kunth) Nied.</i>	0	15	0.00
<i>Ranunculus sp.</i>	2	15	0.13
<i>Acaulimalva sp.</i>	0	15	0.00
<i>Loricaria ferruginea (Ruiz & Pav) Wedd.</i>	0	15	0.00
<i>Plantago australis Lam.</i>	1	15	0.07
<i>Huperzia crassa (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Rothm.</i>	0	15	0.00
<i>Cladonia Sp1.</i>	0	15	0.00
<i>Cladonia Sp2.</i>	0	15	0.00
<i>Graphalium sp1.</i>	0	15	0.00
<i>Dactylis glomerata L.</i>	1	15	0.07
<i>Taraxacum officinale (L.) Weber ex F.H.Wigg.</i>	0	15	0.00
<i>Ageratum conyzoides (L.) L.</i>	0	15	0.00
<i>Achyrocline alata (Kunth) DC.</i>	0	15	0.00
<i>Daucus montanos Humb. & Bonpl. Ex schult.</i>	0	15	0.00
<i>Capsella bursa - pastoris (L.) Medik</i>	0	15	0.00
<i>Vicia gramínea sm.</i>	0	15	0.00
<i>Viola arvensis Murray</i>	0	15	0.00
<i>Portulacaceae sp.</i>	0	15	0.00
<i>Lupinus microphyllus Desr.</i>	0	15	0.00
<i>Polypogon sp.</i>	0	15	0.00
<i>Asteraceae sp.</i>	0	15	0.00
<i>Plantago sericea Ruiz & Pav.</i>	0	15	0.00
<i>Castilleja sp.</i>	0	15	0.00
<i>Oreomyrrhis andicola (Kunth) Endl. ex Hook. f.</i>	0	15	0.00
<i>Stachys sp.</i>	0	15	0.00
<i>Saxifraga magellianica Poir.</i>	0	15	0.00
<i>Helecho sp.</i>	0	15	0.00
<i>Lachemilla orbiculata (Ruiz & Pav) Rydb.</i>	2	15	0.13
<i>Thamnolia vermicularis (Sw.) Ach. Ex. Schaer Subsp Vermicularis.</i>	0	15	0.00

Tabla 18: Dominancia de las especies de flora herbácea silvestre

DOMINANCIA DE UNA ESPECIE			
Especies	Densidad de una especie	Promedio de dominancia de la especie	RESULTADO
<i>Calamagrostis tarmensis Pilg.</i>	8.60	0.13	1.15
<i>Werneria nubigena Kunth</i>	0.07	0.00	0.00
<i>Cyperus Sp.</i>	2.60	0.00	0.00
<i>Paspalum bonplandianum Flüggé</i>	8.40	0.07	0.56
<i>Carex pichinchensis Kunth</i>	9.40	0.07	0.63
<i>Lachemilla vulcanica (Cham. & Schtdl). Rydb.</i>	0.20	0.00	0.00
<i>Werneria Stuebelii Kunth</i>	0.07	0.00	0.00
<i>Hypochaeris sessiliflora Kunth</i>	3.60	0.00	0.00
<i>Poaceae Sp1</i>	1.07	0.00	0.00
<i>Noticastrum marginatum Kunth Cuatrec.</i>	0.07	0.00	0.00
<i>Bidens andicola var. Andicola</i>	1.00	0.00	0.00
<i>Distichia filamentosa Buchenau</i>	0.13	0.00	0.00
<i>Trifolium repens L.</i>	2.60	0.00	0.00
<i>Juncus conglomeratus L.</i>	1.27	0.00	0.00
<i>Bulbostylis juncooides (Vahl) Kük. ex Herter</i>	4.80	0.07	0.32
<i>Pennisetum clandestinum Hochst.ex.Chiov.</i>	0.07	0.00	0.00
<i>Gentianella graminea (Kunth) Fabris.</i>	6.00	0.07	0.40
<i>Hieracium laevigatum Hill</i>	0.20	0.00	0.00
<i>Paranephelius uniflorus A. Gray ex Wedd.</i>	0.07	0.00	0.00
<i>Gaultheria myrsinoides Kunth</i>	2.47	0.00	0.00
<i>Lysipomia Sp.</i>	4.80	0.07	0.32
<i>Puya sp.</i>	4.67	0.07	0.31
<i>Jamesonia alstonii A.F.Tryon</i>	0.33	0.00	0.00
<i>Pentacalia andicola (Turez.) cuatrec.</i>	0.13	0.00	0.00
<i>Caryophyllaceae sp1.</i>	1.00	0.00	0.00
<i>Eryngium humile cav.</i>	0.07	0.00	0.00
<i>Funaria hygrometrica Hedw.</i>	1.40	0.00	0.00
<i>Nertera granadensis (Mutis ex L.f.) Druce</i>	0.53	0.00	0.00
<i>Rumex acetosella L.</i>	4.33	0.13	0.58
<i>Gnaphalium americanum Mill.</i>	3.60	0.07	0.24
<i>Azorella julianii Mathias & Constance</i>	0.67	0.00	0.00
<i>Poaceae Sp2</i>	0.73	0.00	0.00
<i>Muhlenbergia peruviana (P. Beauv.Steud.)</i>	4.53	0.00	0.00
<i>Geranium sp.</i>	1.27	0.00	0.00
<i>Disterigma empetrifolium (Kunth) Nied.</i>	1.27	0.00	0.00

Especies	Densidad de una especie	Promedio de dominancia de la especie	RESULTADO
<i>Ranunculus sp.</i>	3.53	0.13	0.47
<i>Acaulimalva sp.</i>	1.27	0.00	0.00
<i>Loricaria ferruginea</i> (Ruiz & Pav) Wedd.	1.00	0.00	0.00
<i>Plantago australis Lam.</i>	2.40	0.07	0.16
<i>Huperzia crassa</i> (Humb. & Bonpl.ex Willd.) Rothm.	0.20	0.00	0.00
<i>Cladonia Sp1.</i>	0.07	0.00	0.00
<i>Cladonia Sp2.</i>	0.60	0.00	0.00
<i>Graphalium sp1.</i>	0.13	0.00	0.00
<i>Dactylis glomerate L.</i>	1.73	0.07	0.12
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg.	0.27	0.00	0.00
<i>Ageratum conyzoides</i> (L.) L.	0.33	0.00	0.00
<i>Achyrocline alata</i> (Kunth)DC.	1.27	0.00	0.00
<i>Daucus montanos</i> Humb. & Bonpl. Ex schult.	0.53	0.00	0.00
<i>Capsella bursa - pastoris</i> (L.) Medik	0.07	0.00	0.00
<i>Vicia gramínea sm.</i>	0.40	0.00	0.00
<i>Viola arvensis Murray</i>	0.20	0.00	0.00
<i>Portulacaceae sp.</i>	0.13	0.00	0.00
<i>Lupinus microphyllus Desr.</i>	0.13	0.00	0.00
<i>Polypogon sp.</i>	0.33	0.00	0.00
<i>Asteraceae sp.</i>	1.80	0.00	0.00
<i>Plantago sericea Ruiz & Pav.</i>	0.20	0.00	0.00
<i>Castilleja sp.</i>	1.20	0.00	0.00
<i>Oreomyrrhis andicola</i> (Kunth) Endl. ex Hook. f.	0.53	0.00	0.00
<i>Stachys sp.</i>	0.47	0.00	0.00
<i>Saxifraga magellianica Poir.</i>	0.13	0.00	0.00
<i>Helecho sp.</i>	0.07	0.00	0.00
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav) Rydb.	10.47	0.13	1.40
<i>Thamnolia vermicularis</i> (Sw.) Ach. Ex. Schaer Subsp <i>Vermicularis.</i>	0.07	0.00	0.00

Tabla 19: Índice de Valor de Importancia de las especies de flora herbácea Silvestre

VALOR DE IMPORTANCIA DE UNA ESPECIE				
Especies	Densidad Relativa	Dominancia Relativa	Frecuencia Relativa	RESULTADO
<i>Calamagrostis tarmensis</i> Pilg.	7.71	17.26	5.88	30.85*
<i>Werneria nubigena</i> Kunth	0.06	0.00	0.65	0.71
<i>Cyperus</i> Sp.	2.33	0.00	3.27	5.60
<i>Paspalum bonplandianum</i> Flügge	7.53	8.43	1.96	17.92*
<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	8.43	9.43	1.96	19.82*
<i>Lachemilla vulcanica</i> (Cham. & Schtdl.) Rydb.	0.18	0.00	0.65	0.83
<i>Werneria Stuebelii</i> Kunth	0.06	0.00	0.65	0.71
<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	3.23	0.00	3.27	6.50
<i>Poaceae</i> Sp1	0.96	0.00	2.61	3.57
<i>Noticastrum marginatum</i> Kunth Cuatrec.	0.06	0.00	0.65	0.71
<i>Bidens andicola</i> var. <i>Andicola</i>	0.90	0.00	3.92	4.82
<i>Distichia filamentosa</i> Buchenau	0.12	0.00	0.65	0.77
<i>Trifolium repens</i> L.	2.33	0.00	3.92	6.25
<i>Juncus conglomeratus</i> L.	1.14	0.00	1.96	3.10
<i>Bulbostylis juncooides</i> (Vahl) Kük. ex Herter	4.30	4.82	2.61	11.73
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.ex.Chiov.	0.06	0.00	0.65	0.71
<i>Gentianella graminea</i> (Kunth) Fabris.	5.38	6.02	1.31	12.71
<i>Hieracium laevigatum</i> Hill	0.18	0.00	0.65	0.83
<i>Paranephelius uniflorus</i> A. Gray ex Wedd.	0.06	0.00	0.65	0.71
<i>Gaultheria myrsinoides</i> Kunth	2.21	0.00	3.92	6.13
<i>Lysipomia</i> Sp.	4.30	4.82	1.96	11.08
<i>Puya</i> sp.	4.18	4.68	2.61	11.48
<i>Jamesonia alstonii</i> A.F.Tryon	0.30	0.00	1.31	1.61
<i>Pentacalia andicola</i> (Turez.) Cuatrec.	0.12	0.00	1.31	1.43
<i>Caryophyllaceae</i> sp1.	0.90	0.00	0.65	1.55
<i>Eryngium humile</i> Cav.	0.06	0.00	1.31	1.37
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	1.26	0.00	0.65	1.91
<i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L.f.) Druce	0.48	0.00	0.65	1.13
<i>Rumex acetosella</i> L.	3.89	8.70	1.31	13.89
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	3.23	3.61	2.61	9.45
<i>Azorella julianii</i> Mathias & Constance	0.60	0.00	0.65	1.25
<i>Poaceae</i> Sp2	0.66	0.00	0.65	1.31

Especies	Densidad Relativa	Dominancia Relativa	Frecuencia Relativa	RESULTADO
<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv. Steud.)	4.06	0.00	3.92	7.99
<i>Geranium</i> sp.	1.14	0.00	2.61	3.75
<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Nied.	1.14	0.00	1.96	3.10
<i>Ranunculus</i> sp.	3.17	7.09	1.96	12.22
<i>Acaulimalva</i> sp.	1.14	0.00	1.31	2.44
<i>Loricaria ferruginea</i> (Ruiz & Pav) Wedd.	0.90	0.00	1.31	2.20
<i>Plantago australis</i> Lam.	2.15	2.41	2.61	7.17
<i>Huperzia crassa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Rothm.	0.18	0.00	0.65	0.83
<i>Cladonia</i> Sp1.	0.06	0.00	0.65	0.71
<i>Cladonia</i> Sp2.	0.54	0.00	0.65	1.19
<i>Graphalium</i> sp1.	0.12	0.00	0.65	0.77
<i>Dactylis glomerata</i> L.	1.55	1.74	1.31	4.60
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg.	0.24	0.00	1.31	1.55
<i>Ageratum conyzoides</i> (L.) L.	0.30	0.00	0.65	0.95
<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	1.14	0.00	1.96	3.10
<i>Daucus montanos</i> Humb. & Bonpl. Ex schult.	0.48	0.00	1.31	1.79
<i>Capsella bursa - pastoris</i> (L.) Medik	0.06	0.00	0.65	0.71
<i>Vicia gramínea</i> sm.	0.36	0.00	1.31	1.67
<i>Viola arvensis</i> Murray	0.18	0.00	0.65	0.83
<i>Portulacaceae</i> sp.	0.12	0.00	0.65	0.77
<i>Lupinus microphyllus</i> Desr.	0.12	0.00	1.31	1.43
<i>Polypogon</i> sp.	0.30	0.00	1.31	1.61
<i>Asteraceae</i> sp.	1.61	0.00	0.65	2.27
<i>Plantago sericea</i> Ruiz & Pav.	0.18	0.00	0.65	0.83
<i>Castilleja</i> sp.	1.08	0.00	1.31	2.38
<i>Oreomyrrhis andicola</i> (Kunth) Endl. ex Hook. f.	0.48	0.00	0.65	1.13
<i>Stachys</i> sp.	0.42	0.00	0.65	1.07
<i>Saxifraga magellianica</i> Poir.	0.12	0.00	1.31	1.43
<i>Helecho</i> sp.	0.06	0.00	0.65	0.71
<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav) Rydb.	9.38	21.00	5.23	35.62*
<i>Thamnia vermicularis</i> (Sw.) Ach. Ex. Schaer Subsp. Vermicularis.	0.06	0.00	0.65	0.71