

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“IDENTIFICACIÓN DE FLORA HERBÁCEA CON MAYOR VALOR DE IMPORTANCIA Y EVALUACIÓN DE SU CAPACIDAD FITORREMEDIADORA EN SUELOS CONTAMINADOS, TUMBACUCHO 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Jhony Miguel Lezama Oribe
Dante Orlando Saldaña Vega

Asesor:

Mg. Magda Rosa Velásquez Marín

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios quien no deja de cuidar y proteger siempre a mi familia. A mis padres quienes con su valioso apoyo, cariño y comprensión que me brindaron en todo momento. A mis hermanos y mi sobrina, a mi tío quienes siempre están apoyándome.

Lezama Oribe Jhony Miguel

Dedico este trabajo a Dios, por estar conmigo en todo momento y permitir alcanzar mis metas. A mis padres, por toda su dedicación y esfuerzo que colocaron durante mi formación profesional. A mis hermanos por demostrarme su cariño y amor incondicional y por todos sus consejos.

Saldaña Vega Dante Orlando

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad.

A todos los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarnos como personas y profesionales en la Universidad Privada del Norte. Asimismo, a nuestra asesora de tesis la M Eng. Magda Rosa Velásquez Marín por su dedicación, experiencia, paciencia y motivación ha logrado que podamos concluir nuestro estudio de investigación con éxito.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Objetivos	18
1.4. Hipótesis	19
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	20
2.1. Tipo de investigación	20
2.2. Población y muestra	20
2.3. Materiales, instrumentos y métodos	20
2.4. Procedimiento	23
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	29
3.1. Inventario de flora.....	29
3.2. Identificación de especies de flora presente en el pasivo ambiental minero.....	33
3.3. Índice de valor de importancia.....	36
3.4. Concentración de metales pesados en el suelo, raíz y tallo.....	39
3.5. Comparación de concentración de metales pesados en el suelo con los ECA.....	45
3.6. Concentración de metales pesados en suelo y planta.....	46
3.7. Factor de bioconcentración (BCF) y Factor de traslocación (TF).....	51
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	53
4.1. Discusión.....	53
4.2. Conclusiones.....	66
REFERENCIAS.....	70
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas del área de estudio.....	23
Tabla 2	Inventario de flora.....	29
Tabla 3	Listado de especies de flora registradas en suelos contaminados, Tumbacucho.....	33
Tabla 4	Índice de valor de importancia de las especies de flora.....	36
Tabla 5	Especies de flora con mayor valor de importancia	38
Tabla 6	Concentración de metales pesados en el suelo	39
Tabla 7	Concentración de metales pesados en la raíz.....	41
Tabla 8	Concentración de metales pesados en tallo.....	43
Tabla 9	Comparación de los resultados entre los Estándares de Calidad Ambiental Peruano y Normas de Calidad Ambiental Canadienses	45
Tabla 10	Concentraciones de Ag en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho	46
Tabla 11	Concentraciones de As en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho	47
Tabla 12	Concentraciones de Cu en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho	47
Tabla 13	Concentraciones de Pb en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho	48
Tabla 14	Concentraciones de Sb en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho	48
Tabla 15	Concentraciones de Zn en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho	49
Tabla 16	Concentraciones de Al en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho	49
Tabla 17	Concentraciones de Fe en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho	50
Tabla 18	Valores de BCF y TF de metales pesados en las planta	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de valor de importancia de las especies de flora registrado en la comunidad de Tumbacucho.	53
Figura 2. Concentraciones promedio de Ag en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.	55
Figura 3. Concentraciones promedio de As en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.	56
Figura 4. Concentraciones promedio de Cu en muestras de suelo y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.	57
Figura 5. Concentraciones promedio de Pb en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.	59
Figura 6. Concentraciones promedio de Sb en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.	60
Figura 7. Concentraciones promedio de Zn en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.	61
Figura 8. Concentraciones promedio de Al en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.	62
Figura 9. Concentraciones promedio de Fe en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.	63
Figura 10. Correlación entre el suelo contaminado y las especies <i>Paspalum tuberosum</i> , <i>Pennisetum clandestinum</i> y <i>Trifolium repens</i>	64

RESUMEN

Se realizó un estudio cuyo propósito fue determinar la identificación de flora herbácea con mayor valor de importancia y evaluación de su capacidad fitorremediadora en suelos contaminados por minería. En el estudio se analizaron tres muestras de suelo, dos muestras de raíz, dos muestras de tallo de cada especie de mayor valor de importancia, en un área de ochenta metros cuadrados. Por ende, se calculó el factor de bioconcentración (BCF) raíz de la especie *Paspalum tuberosum* la cual es acumuladora de Plata y es excluyente al Arsénico, Cobre, Plomo, Antimonio, Zinc, Aluminio y Hierro. El *Pennisetum clandestinum*, es acumulador de Plata y es excluyente al Arsénico, Cobre, Plomo, Antimonio, Aluminio y Hierro. El *Trifolium repens*, mostro un BCF raíz excluyente a todos los metales. La concentración de metales pesados en la parte aérea del *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*, presento un (BCF) aérea excluyente a todos los metales. El factor de translocación (TF) de metales pesados en el *Paspalum tuberosum* y *Pennisetum clandestinum* no trasladan eficazmente los metales pesados de la raíz a la parte aérea de la planta. El *Trifolium repens* mostró un (TF) hiperacumulador de Plata, Arsénico, Cobre y Zinc.

Palabras clave: Factor de Traslocación, Factor de Bioconcentración, fitoestabilización, hiperacumulación.

ABSTRACT

A study was carried out whose purpose was to determine the identification of herbaceous flora with greater importance value and evaluation of its phytoremediation capacity in soils contaminated by mining. The study analyzed three soil samples, two root samples, two stem samples of each species of greater importance value, in an area of eighty square meters. Therefore, the root bioconcentration factor (BCF) of the *Paspalum tuberosum* species was calculated, which is an accumulator of Silver and is exclusive to Arsenic, Copper, Lead, Antimony, Zinc, Aluminum and Iron. *Pennisetum clandestinium*, is an accumulator of Silver and is exclusive to Arsenic, Copper, Lead, Antimony, Aluminum and Iron. *Trifolium repens*, showed an exclusive root BCF to all metals. The concentration of heavy metals in the aerial part of *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinium* and *Trifolium repens*, presented an aerial (BCF) excluding all metals. The heavy metal translocation factor (TF) in *Paspalum tuberosum* and *Pennisetum clandestinium* does not effectively transfer heavy metals from the root to the aerial part of the plant. *Trifolium repens* showed a hyperaccumulator (TF) of Silver, Arsenic, Copper and Zinc.

Keywords: Translocation factor, Bioconcentration factor, phytostabilization, hyperaccumulation.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Problema de investigación

Según Martell (2014) citando a (Virkyute, 2002) señala que el aprovechamiento de los recursos naturales (maderas, minerales, agua, suelo, etc.) ha sido base fundamental para el desarrollo de la humanidad. Como resultado de la tecnificación de los procesos de producción a partir de la revolución industrial (1750 d.C.), donde de forma gradual se fueron generando diferentes tipos de residuo, al principio no se presentaba interés por la generación de residuos porque se confiaba en la capacidad del medio para asimilarlos y se desconocía además sus efectos devastadores, a partir de los años 60 se empezó a tener conciencia del problema de los contaminantes ambientales.

En la actualidad la contaminación del ambiente y la destrucción de los recursos naturales han suscitado una creciente preocupación en la sociedad, y su debate alcanza a todos los sectores de la comunidad. Ello ha obedecido, fundamentalmente a la paulatina toma de conciencia acerca de los peligros que la degradación del ambiente entraña para el presente y el futuro de la humanidad, ya que, en definitiva, lo que está en juego es la propia supervivencia de la especie humana (Sucasaire, 2018, p.13).

La actividad industrial y minera arrojan al ambiente metales tóxicos como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de las formas de vida.

La minería (cielo abierto y subterránea) es la actividad económica más importante del Perú, pero como resultado colateral genera impactos al suelo, al agua, al aire y al hombre. Esto, debido a la concentración de metales y no metales producto del

procesamiento de los minerales, un grupo de metales son llamados metales pesados, que se definen como aquellos elementos químicos que presentan una densidad superior a 5g/cm³ o cuyo número atómico es superior a 20. De los 35 metales de la tabla periódica 23 cumplen lo de ser “pesados” (Ag, As, Au, Bi, Cd, Ce, Cr, Co, Cu, Fe, Ga, Hg, Mn, Ni, Pb, Pt, Te, Th, Sb, Sn, U, V y Zn) (Cornelis & Nordberg, 2007, p.29).

En la provincia de Hualgayoc existen 1 237 pasivos ambientales (relaveras, bocaminas, instalaciones en desuso) de oro y cobre que, pese a que fueron abandonados hace más de 20 años, todavía siguen contaminando la poca agua que beneficia a unos 16 mil pobladores y los hermosos paisajes que rodean a estas comunidades, ubicadas a dos horas y media de Cajamarca. (Guerrero & Fabiola, 2012).

El primer inventario de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) fue publicado en el año 2006 por el diario oficial el peruano, identificándose en ese momento 850 pasivos. Desde entonces hasta el año 2016 se fue actualizando la información de manera constante, por lo menos una vez al año. En el inventario del año 2016 y en él se registran 8 854 PAM que se encuentran regados en 21 regiones del país. Del total de pasivos, 3 158 son de muy alto riesgo y 2 040 de Alto Riesgo. Algunos dicen que es la herencia de la minería del pasado, aunque en Hualgayoc, como veremos más adelante, las nuevas operaciones mineras también vienen generando impactos ambientales considerables. Del total de pasivos mineros, apenas el 23.39% se encuentran con algún tipo de instrumento de gestión, mientras que la gran mayoría (el 76.61%) han sido declarados pendientes de gestión; lo que significa en la realidad que están abandonados y totalmente expuestos, contaminan territorios enteros y afectan a las poblaciones que viven en la zona de influencia. Es el caso de Hualgayoc (De Echave, 2019).

1.1.2. Antecedentes

Ortiz & Trejo (2009) en su investigación “Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus L.*) ” Tienen como objetivo evaluar la capacidad extractora de Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) del quelite (*Amaranthus hybridus L.*) al adicionar una mezcla de micorrizas arbusculares (*Entrophospora columbiana*, *Glomus intraradices*, *G. etunicatum*, *G. clarum*) al sustrato contaminado con Pb o Cd. La metodología empleada fue desarrollar dos experimentos, uno por cada metal, con cuatro repeticiones. En el primero se adicionaron tres cantidades de micorrizas (0, 2.5 y 5.0 $g \cdot kg^{-1}$) en suelos con 300 $mg \cdot kg^{-1}$ de Pb. En el segundo experimento, las mismas cantidades de micorrizas fueron probadas en suelos contaminados con 15 $mg \cdot kg^{-1}$ de Cd. Las concentraciones de Pb y Cd en raíz, hoja y tallo a los 65, 95 y 125 días de edad de la planta se determinaron con un espectrofotómetro de absorción atómica. Las concentraciones de estos metales se incrementaron significativamente conforme la edad de la planta. Se concluyó que la planta de *A. hybridus L.* tiene la capacidad de concentrar en sus tejidos plomo y cadmio al crecer en suelos contaminados conforme aumenta la edad de la planta, lo que hace que esta especie represente un potencial para la remediación de suelos contaminados con esos metales pesados. La edad de la planta es un factor importante a considerar en el proceso de fitoextracción de plomo y cadmio cuando se usa *A. hybridus* en simbiosis con micorrizas. Existe una correlación positiva entre la edad de la planta y la concentración de esos metales pesados en sus tejidos.

Medina & Montano (2014) en su investigación “Determinación del Factor de Bioconcentración y Traslocación de metales pesados en *Juncus arcticus Wild* y *Cortaderia rudiusscula Stapf*, de Áreas Contaminadas con el Pasivo Ambiental minero

Alianza-Ancash” tuvo como objetivo determinar el factor de bioconcentración (BCF) y el factor de traslocación (TF) de metales pesados en el *Juncus arcticus Willd* y *Cortaderia rudiuscula Stapf* en el pasivo ambiental minero Alianza - Ancash, para ello realizaron una recolección de 03 muestras de cada especie, tanto del suelo como de la planta (parte aérea y raíz). Los resultados concluyeron que el *Juncus arcticus Willd* acumuló la mayor concentración de Fe, As, Zn, Al, Pb y Cu en las raíces que la *Cortaderia rudiuscula Stapf*. Además, basados en el promedio del BCF de cada especie de planta, las raíces del *Juncus arcticus Willd*, fueron más eficiente que las raíces de la *Cortaderia rudiuscula Stapf*, en extraer Zn, Cu, Mn, Cd, Sb, Al, As, Fe y Pb.

Del mismo modo la *Cortaderia rudiuscula Stapf* fue más eficiente que el *Juncus arcticus Willd*, en la traslocación de Mn, seguido del Cd, mientras que el *Juncus arcticus Willd*, fue más eficiente que la *Cortaderia rudiuscula Stapf* en la traslocación de Pb, Sb, As, Fe y Al.

Chávez (2014) en su tesis “Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo” tuvo como objetivo principal determinar la capacidad fitorremediadora de especies de flora nativa en la zona contaminada por plomo. El método utilizado fue recolectar 37 muestras vegetales de 12 sitios localizados en la ciudad de La Oroya y lago Junín (departamentos de Cerro de Pasco y Junín - Perú), lugares con pasivos mineros, lo cual seleccionaron 2 especies pertenecientes a los géneros *Calamagrostis* y *Nicotiana* para su cultivo bajo 3 niveles de plomo 700 ppm, 1000 ppm y 1200 ppm, debido a su elevada concentración de plomo encontrada en campo (3180 ppm radicular y 143 ppm aérea, y 1883 ppm en flores y 2136 ppm en Tallos respectivamente). Junto a estas fue cultivado Vetiver (*Vetiveria zizanoides*) a fin de

comparar su potencial fitorremediador con el de las especies nativas mencionadas en invernadero bajo un diseño factorial con nivel de significancia de 0.01% durante 60 días en la Universidad Agraria - Lima. Del estudio se concluyó que la *Nicotiana* tiene un mejor potencial de fitorremediación por su desarrollo de biomasa aérea, la elevada concentración de biomasa (276.7 ppm en zona radicular, y 96.5ppm en zona aérea), extracción del metal (0.3 mg de Pb), capacidad de natural de translocar el metal hacia las partes aéreas e inmovilización del metal en la raíz (Factor de Translocación: 0.39) y a su mejor adaptación a otras condiciones climáticas.

Carhuaricra (2013) en su investigación “Eficacia de la fitoextracción para la remediación de contaminados en villa de Pasco. Callao” tuvo como objetivo el estudio de especies fitoextractoras más eficaces para remediar los suelos contaminados por elementos metálicos en Villa de Pasco para desarrollar actividades agrícolas.

Siendo las especies el *Sonchus oleraceus* (especie A), *Lepidium bipinnatifidum* (especie 8), *Plantago orbignyana* (especie C) y el *Bidens triplinervia* (especie D) para la absorción de los metales arsénico, cadmio, plomo y zinc. Los resultados de las concentraciones de los metales en las hojas de las cuatro especies, demostraron que el *Sonchus oleraceus* (especie A), presentó mayor eficacia para absorber arsénico, el *Lepidium bipinnatifidum* (especie 8), es más eficaz para absorber el cadmio, mientras que el *Plantago orbignyana* (especie C) es más eficaz para absorber el plomo y el *Bidens triplinervia* (especie D) es más eficaz para absorber el zinc. Los resultados concluyeron que las concentraciones de los metales en las hojas de las cuatro especies, demostraron que el *Sonchus oleraceus* (especie A), presentó mayor eficacia para absorber arsénico, el *Lepidium bipinnatifidum* (especie 8), es más eficaz para absorber el cadmio, mientras que

el *Plantago orbignyana* (especie C) es más eficaz para absorber el plomo y el *Bidens triplinervia* (especie D) es más eficaz para absorber el zinc; luego se determinó el Índice de bioconcentración y el Factor de remediación de las especies, que indican que estas especies representan un gran potencial para remediar suelos contaminados por metales, concluyendo que los suelos de Villa de Pasco están remediados y no existen ningún riesgo para la salud humana, el ecosistema y posteriormente podría desarrollarse las actividades agrícolas en la zona.

Valdiviezo (2017) en su tesis “Fitoextracción de cadmio en el suelo por medio del cultivo de cosmos (*Cosmos bipinnatus*), del distrito de Corcona, Huarochirí 2017” tuvo como objetivo la Fitoextracción de cadmio en el suelo por medio del cultivo de Cosmos (*Cosmos Bipinnatus*) en Corcona, Huarochiri, las muestras que utilizaron fueron cerca de los relaves mineros que se encuentran expuestos en esta zona agrícola; en el cual observaron la acumulación de este metal en las raíces y en la parte aérea de esta planta durante un periodo de dos meses. Este estudio fue realizado de manera ex situ con una investigación experimental, realizando análisis de pre y post prueba. Los resultados que se obtuvieron fueron que la planta de Cosmos logró absorber en su raíz y parte aérea para todos los tratamientos.

Mego & Villegas (2018) en su estudio realizado en la zona de pasivos mineros el Sinchao, ubicado en el distrito de Chugur, Provincia de Hualgayoc, se realizaron los análisis de las especies *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y *Juncus conglomeratus*. Asimismo, se calculó el Factor de Traslocación y Factor de Bioconcentración, lo que permitió indicar si la planta es fitoestabilizadora o fitoextractora. Los resultados concluyeron 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.

1.1.3. Definiciones conceptuales

1.1.3.1. Fitoacumulación

La fitoacumulación consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas (Delgadillo, 2011, p.601).

1.1.3.2. Factor de bioconcentración (BCF)

Audet & Charest, (2007) menciona que el índice de bioconcentración (BF), Coeficiente de absorción biológica (BAC), Coeficiente de transferencia (TC), Factor de concentración (Cf) o Coeficiente de bioacumulación (BAC); se utiliza para medir la capacidad de captación de un metal por una planta (raíz y parte aérea) con relación a su concentración en el suelo. Para las plantas, el BCF se utiliza como una medida de la eficiencia de acumulación de metales en biomasa, donde valores > 1 indican que las especies son potencialmente hiperacumuladora y aquellas especies exclusoras poseen BCF menores que 1, tanto menores cuanto mayor es su capacidad de exclusión. Existen dos factores de bioconcentración que mencionamos a continuación (citado en Medina & Montano, 2014, p.22).

1.1.3.3. Factor de bioconcentración en la raíz de la planta.

Yoon, (2006) indica que el factor de concentración biológica (BCF) o Root accumulation factor (RAF) se calcula como la relación entre la concentración de metales en la raíz de la planta respecto a la concentración de metales en el suelo (como se cita en Medina & Montano, 2014, p.23).

1.1.3.4. Factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta.

Vyslouzilova (2003) indica que el Factor de bioacumulación (BAF), Coeficiente de acumulación biológica (BAC), Factor de remediación (RC) o Shoot accumulation factor (SAF). Es la proporción del elemento contenido en la parte aérea de la planta con respecto al suelo (como se cita en Medina & Montano, 2014, p.23).

1.1.3.5. Factor de traslocación (TF)

El factor de traslocación para los metales en las plantas se calcula como la concentración en la parte aérea dividida entre la concentración y en la raíz. (Ruiz & Hernández, 2012, p.107).

1.1.3.6. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (MINAM, 2014, p.3).

1.1.3.7. Muestra compuesta

Es aquella constituida por un conjunto de muestras simples (sub muestras), convenientemente mezcladas, y llevadas al laboratorio para su correspondiente análisis, siendo el resultado un valor analítico medio de la propiedad o compuesto analizado. El número de sub muestras dependerá de la variabilidad de la sustancia o propiedad a analizar en el área de estudio y tiene la ventaja de permitir un muestreo mayor sin aumentar el número de muestras a analizar (MINAM, 2014, p.4).

1.1.3.8. Suelo contaminado

Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana, según lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM. (MINAM, 2014, pág. 5).

1.1.3.9. Pasivo ambiental minero

Los pasivos ambientales mineros son instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad (Ley N°28271, 2004).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la flora herbácea con mayor valor de importancia y cuál es su capacidad fitorremediadora en suelos contaminados, Tumbacucho 2018?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Identificar la flora herbácea con mayor valor de importancia y evaluar su capacidad fitorremediadora en suelos contaminados, Tumbacucho 2018.

1.3.2. Objetivo específico

- Identificar tres especies de flora herbácea, con mayor valor de importancia que se desarrollan en suelos contaminados, Tumbacucho 2018.
- Determinar la concentración de metales pesados en suelos contaminados, Tumbacucho 2018.
- Determinar la concentración de metales pesados en las raíces de tres especies de flora herbácea con mayor valor de importancia, en suelos contaminados, Tumbacucho 2018.
- Determinar la concentración de metales pesados en la parte aérea de tres especies de flora herbácea con mayor valor de importancia, en suelos contaminados, Tumbacucho 2018.
- Determinar el factor de bioconcentración (BCF) y traslocación (TF), de tres especies de flora herbácea con mayor valor de importancia, en suelos contaminados, Tumbacucho 2018.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Las especies de flora herbácea con mayor valor de importancia que se desarrollan en suelos contaminados presentan capacidad fitorremediadora.

1.4.2. Hipótesis específica

- Se identifican tres especies de flora herbácea, con mayor valor de importancia que se desarrollan en suelos contaminados, en la comunidad de Tumbacucho.
- Se obtienen concentraciones altas de metales pesados de suelos contaminados en la comunidad de Tumbacucho.
- Se obtienen valores altos de concentraciones de metales pesados en las raíces de tres especies de flora herbácea con mayor valor de importancia, en suelos contaminados en la comunidad de Tumbacucho.
- Las tres especies de flora herbácea con mayor valor de importancia, presentan altas concentraciones de metales pesados en la parte aérea.
- Se determina que el factor de bioconcentración (BCF) y traslocación (TF) es mayor a uno de las tres especies de flora herbácea con mayor valor de importancia.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo No Experimental. Asimismo, es transversal, correlacional – causal, puesto que la finalidad del proyecto de investigación es describir la relación existente de la concentración de metales pesados entre el suelo y las especies de flora herbácea en la comunidad de Tumbacucho.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

El área afectada por la contaminación a causa de la minería en la comunidad de Tumbacucho, abarca una extensión de 800 m².

2.2.2. Muestra

En el presente estudio la muestra se realizó en un área de 80 m².

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

2.3.1. Materiales

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

- Pala.
- Cinta masking.
- Cartones.
- Papel periódico.
- Prensa botánica
- Guía de herborización.
- Estándares de calidad ambiental en suelo.

- Cadena de custodia.
- Protocolo de análisis de metales en suelo.
- Cooler.
- Agua destilada.
- Guantes quirúrgicos
- Lapiceros y libretas de apuntes.
- Tijeras.
- Fichas de campo.

2.3.2. Instrumentos.

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

- Software Microsoft Office.
- Cámara fotográfica.
- GPS.
- Balanza Digital.
- Laptop.

2.3.3. Métodos

Se realizó el método estadístico correlación lineal, lo cual permitió determinar la relación existente entre la concentración de metales pesados en suelo y concentración de metales pesados en flora. El método estadístico mencionado se aplicó de la siguiente manera:

Correlación Lineal: (Acosta, 2003). 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 expresa o mide el grado de asociación o afinidad entre las variables relacionadas.

El coeficiente de correlación es un índice de fácil ejecución e, igualmente, de fácil interpretación. Digamos, en primera instancia, que sus valores absolutos oscilan entre 0 y 1. Esto es, si tenemos dos variables X e Y, y definimos el coeficiente de correlación de Pearson entre estas dos variables como X Y R entonces: 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.

Se hizo el análisis de identificación de las especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinium* y *Trifolium repens* que tengan mayor capacidad de 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. Así como identificar si la especie de flora es de tipo Fitoextractora y Fitoestabilizadora a través del factor de traslocación y factor de bioconcentración respectivamente.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Identificación del área de estudio

El área de estudio se encuentra en el Distrito de Hualgayoc en el caserío de Tumbacucho, en donde se obtuvieron las coordenadas para establecer los puntos de muestreo.

Tabla 1
Coordenadas del área de estudio

Vértices del área	Norte	Este	Altitud (m.s.n.m)
01	9 253 308	766 783	3 124
02	9 253 337	766 785	3 121
03	9 253 352	766 783	3 119
04	9 253 361	766 766	3 105
05	9 253 341	766 749	3 115
06	9 253 312	766 729	3 121
07	9 253 293	766 734	3 124
08	9 253 289	766 767	3 128

En la Tabla 1 se presentan las coordenadas de área de estudio en la comunidad de Tumbacucho.

2.4.2. Procedimiento para el muestreo de campo

A. Guía de inventario de la flora y vegetación Ministerio del Ambiente

Protocolo de herborización (MINAM, 2015)

Para la identificación de flora herbácea, se utilizó como referencia la guía de inventario de la flora y vegetación del ministerio del ambiente (MINAM, 2015)

El cuadrado construido con las dimensiones ya mencionadas fue colocado en los lugares con mayor densidad de flora herbácea dentro del área de estudio. (Ver anexo 6) para luego proceder a registrar el número de especies y número de individuos en cada cuadrado, posteriormente se elaboró un inventario de las especies encontradas mediante un conteo directo. Las especies recolectadas en el área de estudio fueron almacenadas en una prensa botánica, para luego ser etiquetadas en el Laboratorio Dendrológico de la Universidad Nacional de Cajamarca.

B. Protocolo de herborización (OSINFOR, 2013)

- En la recolección de especies se hizo una identificación visual de puntos de monitoreo de toda la zona de estudio.
- Se hizo la extracción de especies suelo-raíz, lo cual se usó pico y palana con mucho cuidado de no dañar o cortar la especie de flora herbácea.
- Las especies recolectadas fueron puestas en periódicos para finalmente ser colocadas en una prensa botánica.
- Las especies fueron etiquetadas y codificadas con datos de colecta como; código de muestra, ubicación, fecha y hora de recolección. Posteriormente transportadas al Laboratorio de Dendrología de la Universidad Nacional de Cajamarca para su identificación de cada especie.

C. Identificación de especies de flora con mayor valor de importancia

Para la identificación de especies de flora con mayor valor de importancia encontradas en cada cuadrante del área de estudio de acuerdo a los autores Campo y Duval (2014), definen a este concepto como el índice que indica cuales de las

especies encontradas contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema. Así mismo, este valor se obtiene mediante la sumatoria de la frecuencia relativa, la densidad relativa y la dominancia relativa, a continuación, se definen las variables que determinan el valor de importancia:

- **La Densidad Relativa:** Mide el número de ejemplares por unidad muestral que no guarda una relación directa con el área. Se calcula con la siguiente formula:

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

Campo y Duval (2014).

Densidad de una especie: Es la abundancia por unidad espacial (superficie o volumen)

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

Campo y Duval (2014).

- **Frecuencia Relativa:** La probabilidad de una especie de aparecer en el muestreo con respecto al total de unidades muestrales, expresado en porcentaje. Se calcula con la siguiente formula:

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

Campo y Duval (2014).

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.

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

Campo y Duval (2014).

- **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.

$$\text{Dom. de una Especie} = \text{Densidad de una especie} * \text{Promedio de dominancia de especie}$$

Campo y Duval (2014).

D. Procedimiento de toma de muestra de suelo (Guía para el Muestreo de Suelos MINAM, 2014)

- Se realizó una pequeña excavación de aproximadamente 20 cm de profundidad con ayuda de una pala.
- Se colectaron un total de 3 muestras compuestas de suelo, cada una de 1 kg respectivamente.

E. Procedimiento de toma de muestras de plantas:

- Las muestras de plantas se recolectaron de las mismas áreas de muestreo establecidas para los suelos. Por ello, la información sobre suelos y plantas es co-representativa permitiendo desarrollar las relaciones suelo planta de dicha área.

- Se tomaron muestras de las plantas, jalando con mucho cuidado, para evitar dañar las raíces de las plantas, así mismo se utilizó tijeras de acero inoxidable, para obtener la parte aérea de las mismas.
- Se tomaron un total de 12 muestras de plantas, de la parte área y de la raíz.

F. Cálculo de las relaciones de concentración

▪ Factor de bioconcentración (BCF)

Se calcula al dividir la concentración del metal en la fitomasa de la planta (mg/kg) entre la concentración del elemento en el suelo (mg/kg).

Según el método propuesto por Olivares y Peña (2009), El factor de bioconcentración se calculó a través de las siguientes fórmulas:

$$\text{BCF Raíz} = [\text{metal}] \text{ raíz} / [\text{metal}] \text{ suelo}$$

$$\text{BCF Aérea} = [\text{metal}] \text{ aérea} / [\text{metal}] \text{ suelo}$$

Donde:

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 $1 < \text{BCF aérea} < 10$ 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 $1 < \text{BCF raíz} > 10$ la planta es acumuladora

Si el BCF raíz > 10 la planta es hiperacumuladora

▪ **Factor de traslocación (TF)**

Se determinó dividiendo la concentración de la fitomasa aérea entre la concentración de la fitomasa de la raíz de la planta, según los autores Olivares y Peña (2009) utiliza la siguiente relación:

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

Donde:

[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 $\text{TF} > 1$ 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 $\text{TF} < 1$ 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.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Inventario de flora

Tabla 2
Inventario de flora

PL\C	Nombre Científico	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	T
PL-1	<i>Lupinus sp.</i>	0	0	4	0	2	4	0	3	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	20
PL-2	<i>Ageratina exsertovenosa</i>	1	0	0	0	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
PL-3	<i>Rubus pavonii</i>	2	0	3	4	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	6	1	3	4	0	0	0	0	30
PL-4	<i>Cortaderia sp.</i>	6	4	0	0	0	0	0	0	3	3	8	10	15	0	0	1	0	0	15	0	4	0	1	1	0	71
PL-5	<i>Paspalum tuberosum</i>	5	4	2	4	5	15	20	7	10	9	0	8	10	8	0	19	0	0	86	65	0	50	56	48	80	511
PL-6	<i>Adiantaceae sp. A.</i>	0	10	0	0	0	3	8	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
PL-7	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	20	0	7	48
PL-8	<i>Eleocharis sp.</i>	0	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102
PL-9	<i>Canex bonplandii</i>	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
PL-10	<i>Bidens pilosa</i>	0	0	3	0	0	4	1	0	0	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10	4	22	50
PL-11	<i>Bidens triplinervia</i>	0	0	5	2	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4	23	0	0	0	0	0	0	0	40
PL-12	<i>Hypericum silenoides</i>	0	0	4	0	0	6	0	0	0	5	0	0	0	3	3	8	15	0	0	0	0	0	0	8	0	52
PL-13	<i>Pennisetum clandestinum</i>	0	0	120	5	0	0	0	6	0	20	0	0	0	0	40	20	0	120	0	45	0	105	20	0	0	501

PL/C	Nombre Científico	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	T
PL-14	<i>Ageratina adenophylla</i>	0	0	2	3	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	5	0	0	0	0	3	0	28
PL-15	<i>Monnina conferta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
PL-16	<i>Tagetes minutiflora</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	10
PL-17	<i>Bainadesia dombeyana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
PL-18	<i>Berberis jelskiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
PL-19	<i>Mikania sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	3	0	0	0	0	9
PL-20	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4
PL-21	<i>Gaultheria myrsinoids</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
PL-22	<i>Galium corymbosum</i>	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	34
PL-23	<i>Ranunculus peruanus</i>	0	2	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
PL-24	<i>Chaptalia sp.</i>	0	0	5	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	26
PL-25	<i>Adiantum sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
PL-26	<i>Mintostachys mollis</i>	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0	11
PL-27	<i>Cyperus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	18
PL-28	<i>Baitsia diffusa</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	12
PL-29	<i>Trifolium repens</i>	0	0	20	0	20	0	10	0	0	0	0	0	0	0	20	0	15	25	0	20	0	55	10	0	0	195
PL-30	<i>Rumex acetosella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6

PL\C	Nombre Científico	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	T
PL-31	<i>Castilleja arvensis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5
PL-32	<i>Bomarea dulcis</i>	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
PL-33	<i>Setaria verticillata</i>	0	0	0	15	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	33
PL-34	<i>Achiroclyne alata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
PL-35	<i>Bomarea sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
PL-36	<i>Cestrum tomentosum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4
PL-37	<i>Baccharis latifolia</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	3	0	0	1	0	3	12
PL-38	<i>Elematis sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
PL-39	<i>Baccharis alaternoides</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
PL-40	<i>Alonsoa meridionalis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
PL-41	<i>Salanum americanum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
PL-42	<i>Cranichis ciliata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
PL-43	<i>Cortaderia nitida</i>	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
PL-44	<i>Equisetum boyotense</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
PL-45	<i>Tholobium pubescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
PL-46	<i>Passiflora mixta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3

“Identificación de flora herbácea con mayor valor de importancia y evaluación de su capacidad fitorremediadora en suelos contaminados, Tumbacucho 2018”

PL\C	Nombre Científico	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	T	
PL-47	<i>Monactis flaverioides</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
PL-48	<i>Piper barbatum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	6
PL-49	<i>Myrsine sessiliflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
TOTAL		25	122	175	40	45	55	50	64	17	49	27	23	70	48	92	62	92	194	110	141	20	230	132	70	115	2068	

Nota: C = Cuadrante; PL = Planta; T = Total.

En la Tabla 2 se realizó la identificación de especies de flora en lo cual se efectuó un conteo de cada especie en los 25 cuadrantes, encontrando un total de 49 especies identificadas dándonos un total de 2068 individuos.

3.2. Identificación de especies de flora presente en suelos contaminados, Tumbacucho.

Tabla 3

Listado de especies de flora registradas en suelos contaminados, Tumbacucho

CÓDIGO	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
PL-1	<i>Fabales</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus sp.</i>	<i>Chocho</i>
PL-2	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina exsertovenosa</i>	-
PL-3	<i>Rosales</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rubus</i>	<i>Rubus pavonii</i>	-
PL-4	<i>Poales</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Cortaderia</i>	<i>Cortaderia sp.</i>	<i>Hierba pampa</i>
PL-5	<i>Poales</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Paspalum</i>	<i>Paspalum tuberosum</i>	-
PL-6	<i>Pteridiales</i>	<i>Adiantaceae</i>	<i>Adiantum</i>	<i>Adiantaceae sp. A.</i>	-
PL-7	<i>Poales</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	-
PL-8	<i>Poales</i>	<i>Cyperaceae</i>	<i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis sp.</i>	-
PL-9	<i>Poales</i>	<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex</i>	<i>Carex bonplandii</i>	-
PL-10	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Bidens</i>	<i>Bidens pilosa</i>	<i>cadillo</i>
PL-11	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Bidens</i>	<i>Bidens triplinervia</i>	-
PL-12	<i>Malpighiales</i>	<i>Hypericaceae</i>	<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum silenoides</i>	-
PL-13	<i>Poales</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i>	<i>kikuyo</i>
PL-14	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina adenophylla</i>	-
PL-15	<i>Fabales</i>	<i>Polygalaceae</i>	<i>Monnina</i>	<i>Monnina conferta</i>	-
PL-16	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Tagetes</i>	<i>Tagetes minutiflora</i>	-
PL-17	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Barnadesia</i>	<i>Bainadesia dombeyana</i>	-
PL-18	<i>Ranunculales</i>	<i>Berberidaceae</i>	<i>Berberis</i>	<i>Berberis jelskiana</i>	-
PL-19	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Mikania</i>	<i>Mikania sp.</i>	-
PL-20	<i>Caryophyllales</i>	<i>Polygonaceae</i>	<i>Muehlenbeckia</i>	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	-

CÓDIGO	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
PL-21	<i>Ericales</i>	<i>Ericaceae</i>	<i>Gaultheria</i>	<i>Gaultheria myrsinoids</i>	-
PL-22	<i>Gentianales</i>	<i>Rubiaceae</i>	<i>Galium</i>	<i>Galium corymbosum</i>	-
PL-23	<i>Ranunculus</i>	<i>Ranunculaceae</i>	<i>Ranunculus</i>	<i>Ranunculus peruvianus</i>	-
PL-24	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Chaptalia</i>	<i>Chaptalia sp.</i>	-
PL-25	<i>Pteridales</i>	<i>Pteridaceae</i>	<i>Adiantum</i>	<i>Adiantum sp.</i>	Culantrillos
PL-26	<i>Lamiales</i>	<i>Lamiaceae</i>	<i>Minthostachys</i>	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña
PL-27	<i>Cyperales</i>	<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus</i>	<i>Cyperus sp.</i>	-
PL-28	<i>Lamiales</i>	<i>Orobanchaceae</i>	<i>Bartsia</i>	<i>Bartsia diffusa</i>	-
PL-29	<i>Fabales</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Ranunculales</i>	<i>Trifolium repens</i>	-
PL-30	<i>Caryophyllales</i>	<i>Polygonaceae</i>	<i>Rumex</i>	<i>Rumex acetosella</i>	Acetosilla
PL-31	<i>Scrophulariales</i>	<i>Orobanchaceae</i>	<i>Castilleja</i>	<i>Castilleja arvensis</i>	Cresta de gallo
PL-32	<i>Liliales</i>	<i>Alstroemeriaceae</i>	<i>Bomarea</i>	<i>Bomarea dulcis</i>	-
PL-33	<i>Poales</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Setaria</i>	<i>Setaria verticillata</i>	-
PL-34	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Achyrocline</i>	<i>Achyrocline alata</i>	-
PL-35	<i>Liliales</i>	<i>Alstroemeriaceae</i>	<i>Bomarea</i>	<i>Bomarea sp.</i>	-
PL-36	<i>Solanales</i>	<i>Solanaceae</i>	<i>Cestrum</i>	<i>Cestrum tomentosum</i>	-
PL-37	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca
PL-38	<i>Ranunculales</i>	<i>Ranunculaceae</i>	<i>Clematis</i>	<i>Clematis sp.</i>	-
PL-39	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis alaternoides</i>	-
PL-40	<i>Scrophulariales</i>	<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Alonsoa</i>	<i>Alonsoa meridionalis</i>	Ajicillo
PL-41	<i>Solanales</i>	<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum</i>	<i>Solanum americanum</i>	-
PL-42	<i>Asparagales</i>	<i>Orchidaceae</i>	<i>Cranichis</i>	<i>Cranichis ciliata</i>	-
PL-43	<i>Poales</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Cortaderia</i>	<i>Cortaderia nitida</i>	-

CÓDIGO	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
PL-44	<i>Equisetales</i>	<i>Equisetaceae</i>	<i>Equisetum</i>	<i>Equisetum boyotense</i>	<i>La cola de caballo</i>
PL-46	<i>Malpighiales</i>	<i>Passifloraceae</i>	<i>Passiflora</i>	<i>Passiflora mixta</i>	-
PL-47	<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Monactis</i>	<i>Monactis flaverioides</i>	-
PL-48	<i>Piperales</i>	<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper barbatum</i>	-
PL-49	<i>Ericales</i>	<i>Myrsinaceae</i>	<i>Myrsine</i>	<i>Myrsine sessiliflora</i>	-

En la Tabla 3 se realizó un listado de especies que habitan en suelos contaminados por minería en la comunidad de Tumbacucho, haciendo un total de 49 especies registradas.

3.3. Índice de valor de importancia

Tabla 4

Índice de valor de importancia de las especies de flora

Especie	Densidad Relativa	Dominancia Relativa	Frecuencia Relativa	Resultados
<i>Lupinus sp.</i>	0.96	0	3.57	4.53
<i>Ageratina exsertovenosa</i>	0.43	0	2.55	2.98
<i>Rubus pavonii</i>	1.45	0	5.10	6.55
<i>Cortaderia sp.</i>	3.43	1.83	6.12	11.39
<i>Paspalum tuberosum</i>	24.70	52.96	10.20	87.88*
<i>Adiantaceae sp. A.</i>	1.40	0	2.55	3.95
<i>Calamagrostis tarmensis</i>	2.32	0	3.06	5.38
<i>Eleocharis sp.</i>	4.93	1.32	0.51	6.76
<i>Canex bonplandii</i>	1.69	0.45	0.51	2.65
<i>Bidens pilosa</i>	2.41	0	4.08	6.49
<i>Bidens triplinervia</i>	1.93	0	3.06	4.99
<i>Hypericum silenoides</i>	2.51	0	4.08	6.59
<i>Pennisetum clandestinum</i>	24.22	38.94	5.10	68.27*
<i>Ageratina adenophylla</i>	1.35	0	3.57	4.92
<i>Monnina conferta</i>	0.14	0	0.51	0.65
<i>Tagetes minutiflora</i>	0.48	0	1.53	2.01
<i>Bainadesia dombeyana</i>	0.14	0	0.51	0.65
<i>Berberis jelskiana</i>	0.14	0	0.51	0.65
<i>Mikania sp.</i>	0.43	0	1.53	1.96
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0.19	0	1.02	1.21
<i>Gaultheria myrsinoids</i>	1.20	0	1.53	2.73
<i>Galium corymbosum</i>	1.64	0.44	2.55	4.63
<i>Ranunculus peruanus</i>	1.45	0.38	2.04	3.88
<i>Chaptalia sp.</i>	1.25	0	2.55	3.80
<i>Adiantum sp.</i>	0.14	0	0.51	0.65
<i>Minthostachys mollis</i>	0.53	0	2.04	2.57
<i>Cyperus sp.</i>	0.87	0	1.02	1.89
<i>Baitsia diffusa</i>	0.58	0	1.02	1.60
<i>Trifolium repens</i>	9.42	2.52	4.59	16.54*
<i>Rumex acetosella</i>	0.29	0	0.51	0.80

Especie	Densidad	Dominancia	Frecuencia	Resultados
---------	----------	------------	------------	------------

	Relativa	Relativa	Relativa	
<i>Bomarea dulcis</i>	0.14	0	1.02	1.16
<i>Setaria verticillata</i>	1.59	0.42	1.53	3.55
<i>Achiroclyne alata</i>	0.19	0	1.02	1.21
<i>Bomarea sp.</i>	0.24	0	1.02	1.26
<i>Cestrum tometossum</i>	0.19	0	1.02	1.21
<i>Baccharis latifolia</i>	0.58	0	3.57	4.15
<i>Elematis sp.</i>	0.14	0	1.02	1.16
<i>Baccharis alaternoides</i>	0.09	0	1.02	1.11
<i>Alonsoa meridionalis</i>	0.29	0	1.02	1.31
<i>Salanum americanum</i>	0.14	0	1.02	1.16
<i>Cranichis ciliata</i>	0.09	0	0.51	0.60
<i>Cortaderia nitida</i>	0.91	0.24	1.53	2.69
<i>Equisetum boyotense</i>	1.35	0.36	1.02	2.73
<i>Tholobium pubescens</i>	0.14	0	0.51	0.65
<i>Passiflora mixta</i>	0.14	0	0.51	0.65
<i>Monactis flaverioides</i>	0.24	0	2.04	2.28
<i>Piper barbatum</i>	0.29	0.07	1.02	1.38
<i>Myrsine sessiliflora</i>	0.19	0	0.51	0.70

En la Tabla 4 se determinó el valor de importancia de cada especie registrada, por lo cual se realizó los diferentes cálculos como: densidad relativa, dominancia relativa y frecuencia.

*Se identificó las tres especies de mayor valor de importancia, las cuales fueron:

Paspalum tuberosum, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*.

Tabla 5
Especies de flora con mayor valor de importancia

Especie	Valor de importancia
<i>Paspalum tuberosum</i>	87.88
<i>Pennisetum clandestinum</i>	68.27
<i>Trifolium repens</i>	16.54

En la Tabla 5 nos muestra la relación de las especies con mayor valor de importancia utilizadas en este estudio.

- ***Paspalum tuberosum.***

Paspalum tuberosum es un género de plantas herbáceas perteneciente a la familia poáceas, Son plantas perennes que se encuentra a una altitud de 2 400 a 3 000 msnm.

- ***Pennisetum clandestinum***

Pennisetum clandestinum es un género de plantas herbáceas perteneciente a la familia poáceas, es una gramínea perenne de crecimiento rastrero, se adaptada en las zonas de clima frío. Es una planta que se extiende superficialmente. Posee rizomas gruesos y succulentos, que pueden alcanzar hasta un metro de longitud. Se propaga vegetativamente por medio de estolones. (Gélvez, 2019).

- ***Trifolium repens***

Trifolium repens perteneciente a la familia *Fabaceae*. Planta perenne de 10-50 cm. Tallos rastreros y enraizantes, se adapta a diversidad de climas, suelos y altitudes. Presenta eficientes mecanismos de propagación vegetativa (estolones) que contribuyen en gran manera a su expansión en el pasto. (Canals, Peralta , & Zubiri, 2009).

3.4. Concentración de metales pesados en el suelo, raíz y tallo.

Tabla 6

Concentración de metales pesados en el suelo

Parámetro	Unidad	LCM	MS1	MS2	MS3
Plata (Ag)	mg/kg	1.70	34.83	60.25	60.95
Aluminio (Al)	mg/kg	2.20	1070.0	2547.50	2670.80
Arsénico (As)	mg/kg	0.30	151.57	337.20	338.40
Boro (B)	mg/kg	2.10	<LCM	<LCM	<LCM
Bario (Ba)	mg/kg	0.20	156.04	335.50	350.80
Berilio (Be)	mg/kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/kg	1.60	170.12	240.40	314.00
Cadmio (Cd)	mg/kg	7.00	<LCM	12.60	11.30
Cobalto (Co)	mg/kg	0.20	<LCM	0.21	0.36
Cromo (Cr)	mg/kg	0.20	8.21	15.43	17.82
Cobre (Cu)	mg/kg	0.20	58.74	128.90	146.60
Hierro (Fe)	mg/kg	1.40	21928.10	46535.90	50588.80
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.02	1.20	1.06	0.75
Potasio (K)	mg/kg	1.90	748.11	1582.00	1594.70
Litio (Li)	mg/kg	4.90	<LCM	<LCM	<LCM
Magnesio (Mg)	mg/kg	0.40	18.01	48.93	42.01
Manganeso (Mn)	mg/kg	1.70	125.29	264.08	300.90
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.20	16.77	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	mg/kg	0.20	35.18	29.97	43.73

Parámetro	Unidad	LCM	MS1	MS2	MS3
Niquel (Ni)	mg/kg	1.80	2.01	2.61	3.11
Fósforo (P)	mg/kg	0.20	752.20	1470.20	1660.30
Plomo (Pb)	mg/kg	2.00	1009.01	2291.40	2051.40
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.30	89.72	216.80	239.13
Selenio (Se)	mg/kg	8.50	<LCM	37.23	32.16
Silice (Si)	mg/kg	0.50	151.90	254.20	266.20
Estaño (Sn)	mg/kg	1.70	4.323	11.73	10.52
Estroncio (Sr)	mg/kg	8.50	<LCM	14.69	15.18
Titanio (Ti)	mg/kg	0.20	5.07	7.63	7.33
Talio (Tl)	mg/kg	0.40	1.22	2.77	0.52
Vanadio (V)	mg/kg	0.30	12.65	29.82	32.50
Zinc (Zn)	mg/kg	0.40	730.90	1711.40	1427.40

Nota: LCM = Límite de cuantificación del método; <LCM = La concentración del analito es menor al límite de cuantificación del método; MS1 = Muestra de suelo 1; MS2 = Muestra de suelo 2; MS3 = Muestra de suelo 3.

Tabla 7
Concentración de metales pesados en la raíz

Parámetro	Unidad	LCM	MNR1	MNR2	MTR1	MTR2	MGR1	MGR2
Plata (Ag)	mg/kg	1.70	53.83	51.27	6.27	1.87	43.45	73.22
Aluminio (Al)	mg/kg	2.20	321.70	123.76	66.91	35.26	270.02	433.33
Arsénico (As)	mg/kg	0.30	58.23	14.15	1.69	<LCM	10.36	22.61
Boro (B)	mg/kg	2.10	<LCM	5.00	21.45	13.35	<LCM	<LCM
Bario (Ba)	mg/kg	0.20	257.21	40.15	27.07	31.76	28.68	69.31
Berilio (Be)	mg/kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/kg	1.60	1896.40	1449	4348.20	3664.91	958.22	1099.30
Cadmio (Cd)	mg/kg	7.00	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	mg/kg	0.20	<LCM	0.41	<LCM	0.21	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	mg/kg	0.20	5.48	1.45	1.04	0.49	4.74	5.05
Cobre (Cu)	mg/kg	0.20	40.28	19.17	11.95	13.90	36.77	45.51
Hierro (Fe)	mg/kg	1.40	7736.30	2068.80	175.67	111.60	1719.60	4520
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.02	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.28
Potasio (K)	mg/kg	1.90	4578.40	10360.8	15825.4	17098.1	4741.6	4625.4
Litio (Li)	mg/kg	4.90	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Magnesio (Mg)	mg/kg	0.40	193.10	263.60	1094.60	1353.01	350.70	353.07
Manganeso (Mn)	mg/kg	1.70	114.30	104.66	31.73	37.46	173.55	285.27
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

Parámetro	Unidad	LCM	MNR1	MNR2	MTR1	MTR2	MGR1	MGR2
Sodio (Na)	mg/kg	0.20	55.85	113.42	112.20	190.60	326.30	88.77
Níquel (Ni)	mg/kg	1.80	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	2.02	1.85
Fósforo (P)	mg/kg	0.20	1075.80	1842.70	1574.30	1652.60	1023.10	1624.30
Plomo (Pb)	mg/kg	2.00	893.36	225.89	13.11	11.21	137.30	383.08
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.30	57.01	14.40	17.56	1.06	9.53	21.97
Selenio (Se)	mg/kg	8.50	11.27	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silice (Si)	mg/kg	0.50	198.71	209.27	71.45	50.44	195.30	252.64
Estaño (Sn)	mg/kg	1.70	14.75	4.47	4.48	5.83	6.64	8.35
Estroncio (Sr)	mg/kg	8.50	11.57	<LCM	25.79	22.23	<LCM	<LCM
Titanio (Ti)	mg/kg	0.20	4.18	0.88	0.99	0.54	2.09	2.14
Talio (Tl)	mg/kg	0.40	7.58	13.63	<LCM	<LCM	2.83	1.99
Vanadio (V)	mg/kg	0.30	2.64	1.16	0.73	<LCM	2.03	2.88
Zinc (Zn)	mg/kg	0.40	383.70	453.62	157.13	182.10	386.70	403.14

Nota: LCM = Límite de cuantificación del método; <LCM = La concentración del analito es menor al límite de cuantificación del método; MNR1 = Muestra de raíz 1 del *Paspalum tuberosum*; MNR2 = Muestra de raíz 2 del *Paspalum tuberosum*; MTR1 = Muestra de raíz 1 del *Trifolium repens*; MTR2 = Muestra de raíz 2 del *Trifolium repens*; MGR1 = Muestra de raíz 1 del *Pennisetum clandestinum*; MGR2 = Muestra de raíz 2 del *Pennisetum clandestinum*.

Tabla 8
Concentración de metales pesados en tallo

Parámetro	Unidad	LCM	MNT1	MNT2	MTT1	MTT2	MGT1	MGT2
Plata (Ag)	mg/kg	1.70	8.73	9.56	3.52	5.31	15.41	9.27
Aluminio (Al)	mg/kg	2.20	74.03	116.13	48.92	33.44	165.73	88.34
Arsénico (As)	mg/kg	0.30	4.97	11.94	5.83	<LCM	16.64	4.84
Boro (B)	mg/kg	2.10	<LCM	12.81	61.03	17.13	<LCM	<LCM
Bario (Ba)	mg/kg	0.20	29.41	51.06	85.48	40.23	212.95	88.64
Berilio (Be)	mg/kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	mg/kg	1.60	2057.1	2151.6	21848.8	6897.4	3950.1	4290.9
Cadmio (Cd)	mg/kg	7.00	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobalto (Co)	mg/kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	mg/kg	0.20	2.67	2.45	0.29	0.68	3.43	2.18
Cobre (Cu)	mg/kg	0.20	11.11	11.26	18.98	8.49	15.65	10.85
Hierro (Fe)	mg/kg	1.40	1259.9	1570.0	153.24	90.68	1897.9	987.53
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.02	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Potasio (K)	mg/kg	1.90	8276.2	9455.5	49465.7	33553.2	7965.3	8291.0
Litio (Li)	mg/kg	4.90	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Magnesio (Mg)	mg/kg	0.40	265.6	342.68	2973.4	1283.0	697.53	691.10
Manganeso (Mn)	mg/kg	1.70	183.24	258.14	62.06	33.55	435.38	408.29
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	mg/kg	0.20	110.13	614.48	113.80	154.56	72.34	57.86
Niquel (Ni)	mg/kg	1.80	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	2.269	<LCM
Fósforo (P)	mg/kg	0.20	1643.60	1679.70	3202.50	1936.20	2628.70	2461.10

Parámetro	Unidad	LCM	MNT1	MNT2	MTT1	MTT2	MGT1	MGT2
Plomo (Pb)	mg/kg	2.00	148.56	191.17	8.71	4.46	239.48	125.01
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.30	7.340	9.777	4.964	5.61	9.76	7.71
Selenio (Se)	mg/kg	8.50	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silice (Si)	mg/kg	0.50	194.98	202.65	120.34	77.59	678.57	183.09
Estaño (Sn)	mg/kg	1.70	<LCM	3.25	6.52	4.38	5.38	3.53
Estroncio (Sr)	mg/kg	8.50	<LCM	<LCM	99.03	30.56	14.99	13.94
Titanio (Ti)	mg/kg	0.20	0.63	1.59	3.08	0.39	3.78	0.69
Talio (Tl)	mg/kg	0.40	2.26	1.09	<LCM	0.47	1.92	<LCM
Vanadio (V)	mg/kg	0.30	0.68	1.11	<LCM	<LCM	1.38	0.63
Zinc (Zn)	mg/kg	0.40	362.44	405.53	298.37	159.80	597.72	392.63

Nota: LCM = Límite de cuantificación del método; <LCM = La concentración del analito es menor al límite de cuantificación del método; MNT1 = Muestra de tallo 1 del *Paspalum tuberosum*; MNT2 = Muestra de tallo 2 del *Paspalum tuberosum*; MTT1 = Muestra de tallo 1 del *Trifolium repens*; MTT2 = Muestra de tallo 2 del *Trifolium repens*; MGT1 = Muestra de tallo 1 del *Pennisetum clandestinum*; MGT2 = Muestra de tallo 2 del *Pennisetum clandestinum*.

3.5. Comparación de concentración de metales pesados en suelo con los Estándares de Calidad Ambiental Para suelo y Normas de Calidad Ambiental Canadienses

Tabla 9

Comparación de los resultados entre los Estándares de Calidad Ambiental Peruano y Normas de Calidad Ambiental Canadienses

Metal \ Muestra	MS1	MS2	MS3	Promedio	CEQG	ECA
					Canadienses Suelo Agrícola (mg/kg)	PERUANO Suelo Agrícola (mg/kg)
Plata (Ag)	34.83	60.25	60.95	52.01	20	-
Arsénico (As)	151.57	337.20	338.40	275.72	12	50
Cadmio (Cd)	<LCM	12.60	11.30	11.95	1.4	1.4
Cobalto (Co)	<LCM	0.21	0.36	0.29	40	-
Cromo (Cr)	8.21	15.43	17.82	13.82	64	-
Cobre (Cu)	58.74	128.90	146.60	111.41	63	-
Mercurio (Hg)	1.20	1.06	0.75	1.09	6.6	6.6
Molibdeno (Mo)	16.77	<LCM	<LCM	16.77	5	-
Níquel (Ni)	2.01	2.61	3.11	2.58	50	-
Plomo (Pb)	1009.00	2291.40	2051.40	1783.93	70	70
Antimonio (Sb)	89.72	216.80	239.13	181.88	20	-
Estaño (Sn)	4.32	11.73	10.52	8.85	5	-
Talio (Tl)	1.22	2.77	0.52	1.50	1	-
Zinc (Zn)	730.90	1711.40	1427.40	1289.90	200	-

Nota: CEQG = Canadian Environmental Quality Guidelines (Normas de Calidad Ambiental Canadienses); ECA = Estándares de Calidad Ambiental; MS = Muestras de suelo.

La Tabla 9 nos muestra las Normas de Calidad Ambiental Canadienses para los 14 metales en suelo agrícola y los Estándares de Calidad Ambiental Peruano, el cual solo considera 04 metales pesados: As, Cd, Pb y Hg, variando su concentración solo en el As.

3.6. Concentración de metales pesados en suelo y planta

A continuación, se muestran las tablas y gráficos de los metales pesados seleccionados para esta investigación.

3.6.1. Concentración de Plata (Ag):

Tabla 10

Concentraciones de Ag en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho

Nombre	Muestras	Nº1	Nº2	Nº3	Promedio
<i>Paspalum tuberosum</i>	M. Suelo	34.83	60.25	60.95	52.0
	M. Raíz	53.83	51.27	-	52.6
	M. Tallo	8.73	9.56	-	9.2
<i>Pennisetum clandestinum</i>	M. Suelo	34.83	60.25	60.95	52.0
	M. Raíz	43.45	73.22	-	58.3
	M. Tallo	15.41	9.27	-	12.3
<i>Trifolium repens</i>	M. Suelo	34.83	60.25	60.95	52.0
	M. Raíz	6.27	1.87	-	4.1
	M. Tallo	3.52	5.32	-	4.4

En la Tabla 10 se presentan valores promedio de los análisis de muestra de suelo, raíz y tallo de las especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*. Se discuten los datos en el siguiente capítulo.

3.6.2. Concentración de Arsénico (As):

Tabla 11
Concentraciones de As en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho

Nombre	Muestras	N°1	N°2	N°3	Promedio
<i>P. tuberosum</i>	M. Suelo	151.57	337.2	338.4	275.7
	M. Raíz	58.23	14.15	-	36.2
	M. Tallo	4.97	11.95	-	8.5
<i>P. clandestinum</i>	M. Suelo	151.57	337.2	338.4	275.7
	M. Raíz	10.36	22.61	-	16.5
	M. Tallo	16.64	4.84	-	10.7
<i>T. repens</i>	M. Suelo	151.57	337.2	338.4	275.7
	M. Raíz	1.69	<LCM	-	1.7
	M. Tallo	5.84	<LCM	-	5.8

En la Tabla 11 se presentan valores promedio de concentración de arsénico en muestras de suelo, raíz y tallo de las especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*.

3.6.3. Concentración de Cobre (Cu):

Tabla 12
Concentraciones de Cu en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho

Nombre	Muestras	N°1	N°2	N°3	Promedio
<i>P. tuberosum</i>	M. Suelo	58.741	128.9	146.6	111.4
	M. Raíz	40.28	19.17	-	29.7
	M. Tallo	11.11	11.26	-	11.2
<i>P. clandestinum</i>	M. Suelo	58.741	128.9	146.6	111.4
	M. Raíz	36.77	45.517	-	41.1
	M. Tallo	15.65	10.85	-	13.3
<i>T. repens</i>	M. Suelo	58.741	128.9	146.6	111.4
	M. Raíz	11.95	13.90	-	12.9
	M. Tallo	18.98	8.496	-	13.7

En la Tabla 12 se presentan resultados promedio de concentraciones de Cu en suelo, raíz y tallo de las especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*.

3.6.4. Concentración de Plomo (Pb):

Tabla 13

Concentraciones de Pb en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho

Nombre	Muestras	N°1	N°2	N°3	Promedio
<i>P. tuberosum</i>	M. Suelo	1009.00	2291.40	2051.4	1783.9
	M. Raíz	893.36	225.89	-	559.6
	M. Tallo	148.56	191.17	-	169.9
<i>P. clandestinum</i>	M. Suelo	1009.00	2291.40	2051.4	1783.9
	M. Raíz	137.30	383.08	-	260.2
	M. Tallo	239.48	125.01	-	182.2
<i>T. repens</i>	M. Suelo	1009.00	2291.40	2051.4	1783.9
	M. Raíz	13.12	11.21	-	12.2
	M. Tallo	8.71	4.46	-	6.6

En la Tabla 13 se presentan resultados promedio de Pb en suelo, raíz y tallo de las especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*.

3.6.5. Concentración de Antimonio (Sb):

Tabla 14

Concentraciones de Sb en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho

Nombre	Muestras	N°1	N°2	N°3	Promedio
<i>P. tuberosum</i>	M. Suelo	89.72	216.80	239.13	181.9
	M. Raíz	57.02	14.40	-	35.7
	M. Tallo	7.34	9.77	-	8.6
<i>P. clandestinum</i>	M. Suelo	89.72	216.80	239.13	181.9
	M. Raíz	9.54	21.97	-	15.8
	M. Tallo	9.76	7.72	-	8.7
<i>T. repens</i>	M. Suelo	89.72	216.80	239.13	181.9
	M. Raíz	17.56	1.07	-	9.3
	M. Tallo	4.96	5.61	-	5.3

En la Tabla 14 se muestran los resultados promedio de los análisis realizados en suelo, raíz y tallo para concentraciones de antimonio.

3.6.6. Concentración de Zinc (Zn):

Tabla 15

Concentraciones de Zn en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho

Nombre	Muestras	N°1	N°2	N°3	Promedio
<i>P. tuberosum</i>	M. Suelo	730.90	1711.40	1427.4	1289.9
	M. Raíz	383.70	453.62	-	418.7
	M. Tallo	362.44	405.53	-	384.0
<i>P. clandestinum</i>	M. Suelo	730.90	1711.40	1427.4	1289.9
	M. Raíz	386.70	403.14	-	394.9
	M. Tallo	597.72	392.63	-	495.2
<i>T. repens</i>	M. Suelo	730.90	1711.40	1427.4	1289.9
	M. Raíz	157.13	182.10	-	169.6
	M. Tallo	298.37	159.80	-	229.1

En la Tabla 15 se presentan valores promedio de concentración de zinc en muestras de suelo, raíz y tallo de las especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*.

3.6.7. Concentración de Aluminio (Al):

Tabla 16

Concentraciones de Al en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho

Nombre	Muestras	N°1	N°2	N°3	Promedio
<i>P. tuberosum</i>	M. Suelo	1070.00	2547.5	2670.8	2096.1
	M. Raíz	321.70	123.76	-	222.7
	M. Tallo	74.03	116.13	-	95.1
<i>P. clandestinum</i>	M. Suelo	1070.00	2547.50	2670.8	2096.1
	M. Raíz	270.02	433.33	-	351.7
	M. Tallo	165.73	88.34	-	127.0
<i>T. repens</i>	M. Suelo	1070.00	2547.50	2670.8	2096.1
	M. Raíz	66.91	35.26	-	51.1
	M. Tallo	48.92	33.44	-	41.2

En la Tabla 16 se muestran los resultados promedio de los análisis realizados en suelo, raíz y tallo para concentraciones de aluminio.

3.6.8. Concentración de Hierro (Fe)

Tabla 17

Concentraciones de Fe en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho

Nombre	Muestras	N°1	N°2	N°3	Promedio
<i>P. tuberosum</i>	M. Suelo	21928.10	46535.90	50588.8	39684.3
	M. Raíz	7736.30	2068.80	-	4902.6
	M. Tallo	1259.90	1570.00	-	1415.0
<i>P. clandestinum</i>	M. Suelo	21928.10	46535.90	50588.8	39684.3
	M. Raíz	1719.60	4520.00	-	3119.8
	M. Tallo	1897.90	987.53	-	1442.7
<i>T. repens</i>	M. Suelo	21928.10	46535.90	50588.8	39684.3
	M. Raíz	175.67	111.60	-	143.6
	M. Tallo	153.24	90.68	-	122.0

En la Tabla 17 se presentan valores promedio de concentración de Fe en muestras de suelo, raíz y tallo de las especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*.

3.7. Factor de bioconcentración (BCF) y Factor de traslocación (TF)

Tabla 18
Valores de BCF y TF de metales pesados en las planta

Nombre		Plata (Ag)	Arsénico (As)	Cobre (Cu)	Plomo (Pb)	Antimonio (Sb)	Zinc (Zn)	Aluminio (Al)	Hierro (Fe)
<i>P. tuberosum</i>	BCF Raíz	1.01	0.13	0.26	0.31	0.19	0.32	0.11	0.12
	BCF Aérea	0.17	0.03	0.10	0.09	0.04	0.29	0.05	0.04
	TF	0.17	0.23	0.37	0.30	0.24	0.91	0.43	0.29
<i>P. clandestinum</i>	BCF Raíz	1.12	0.05	0.36	0.14	0.08	0.30	0.17	0.08
	BCF Aérea	0.23	0.03	0.11	0.10	0.04	0.38	0.06	0.04
	TF	0.21	0.64	0.32	0.7	0.55	1.25	0.36	0.46
<i>T.repens</i>	BCF Raíz	0.07	0.06	0.11	0.07	0.05	0.13	0.02	0
	BCF Aérea	0.08	0.02	0.12	0.04	0.02	0.17	0.02	0
	TF	1.07	3.41	1.06	0.54	0.56	1.35	0.81	0.85

Nota: BCF = Factor de bioconcentración; TF= Factor de traslocación.

En la Tabla 18 la especie *Paspalum tuberosum* mostro un BCF Raíz igual a 1.01 de Ag lo que significa es acumuladora de mencionado metal. Con respecto a los demás metales como As, Cu, Pb, Sb, Zn, Al y Fe el BCF Raíz, BCF Aérea y TF es menor que 1 lo que significa que es excluyente.

La especie *Pennisetum clandestinum* mostro un BCF Raíz igual a 1.12 de Ag lo que significa es acumuladora de mencionado metal y el TF igual a 1.25 de Zn lo que significa que la planta traslada Zn eficazmente de la raíz a la parte aérea de la planta. Con respecto a los demás metales como As, Cu, Pb, Sb, Al y Fe el BCF Raíz, BCF Aérea y TF es menor que 1 lo que significa que no traslada eficazmente dichos metales.

La especie *Trifolium repens* mostro un TF de Ag= 1.07, As= 3.41, Cu= 1.06 = Zn=1.35. Lo que significa que la planta traslada Ag, As, Cu y Zn eficazmente de la raíz a la parte aérea de la planta. Con respecto a los demás metales como Pb, Sb, Al y Fe el BCF Raíz, BCF Aérea y TF es menor que 1 lo que significa que no traslada eficazmente dichos metales.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

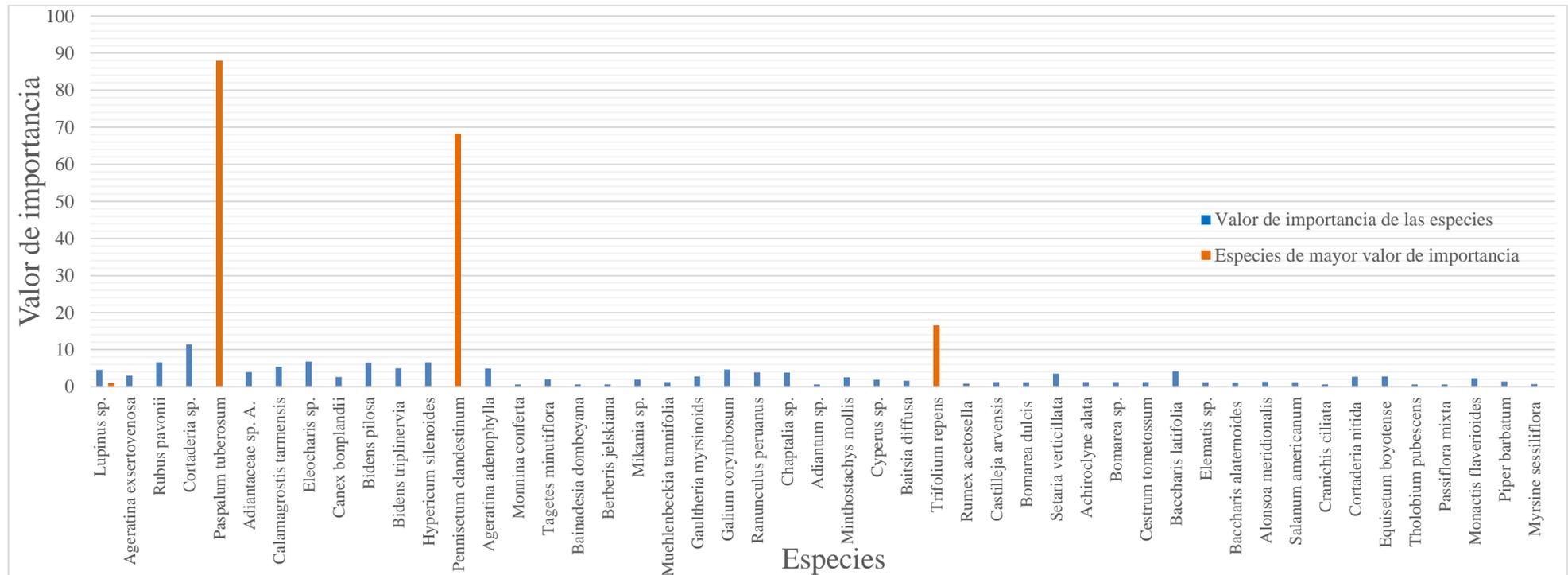


Figura 1. Índice de valor de importancia de las especies que habitan en suelos contaminados por minería, en la comunidad de Tumbacucho.

En la Figura 1 se observa que las especies de mayor importancia fueron el *Paspalum tuberosum* con un valor de importancia de 87.881, el *Pennisetum clandestinum* con un valor de importancia de 68.276 y *Trifolium repens* con un valor de importancia de 16.547.

Se logró identificar 49 especies de flora herbácea que habitan en suelos contaminados por minería, con un total de 2 068 individuos en unidades muestrales constituidas por cuadrados de 1m x 1m, dentro de la comunidad de Tumbacucho, mientras que en un estudio realizado por Walter & Dávila (2018) en la zona de pasivos mineros el Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, se logró identificar 60 especies de flora herbácea; las mismas que incluyen un total de 1673 individuos en 15 parcelas.

Por otro lado, en esta investigación se seleccionaron 3 especies por su mayor valor de importancia, siendo estas: *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*. Walter & Dávila (2018) en su trabajo de investigación han utilizado este método con la finalidad de determinar las especies más representativas de su estudio, en su tesis “Capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos mineros el Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, Cajamarca – Perú 2017”, se concluyó que las especies *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis* y *Lachemilla orbiculata* poseen los valores más elevados por lo cual tienen una mayor importancia dentro de la zona de estudio muestreada.

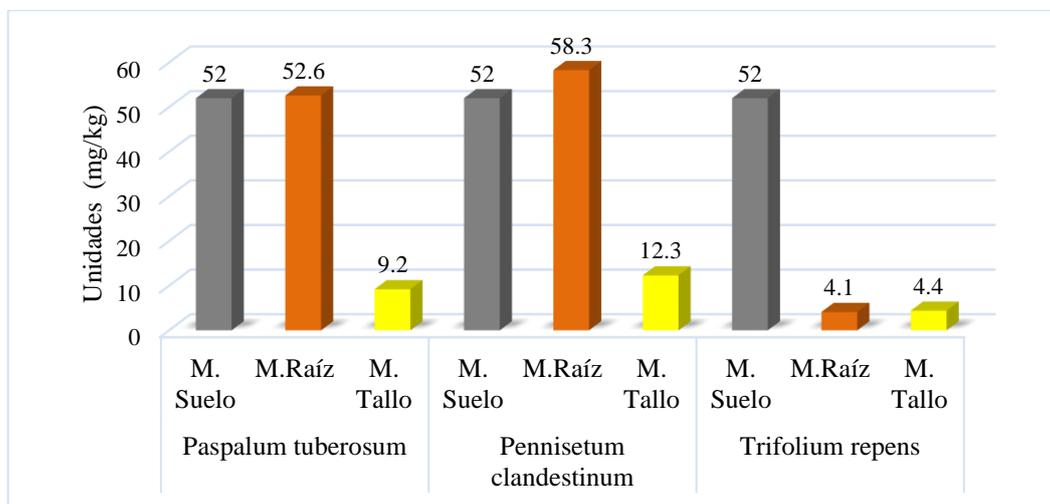


Figura 2. Concentraciones promedio de Ag en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.

En la Figura 2 las muestras de planta de las especies *Paspalum tuberosum* y *Pennisetum clandestinum*, las concentraciones Ag en la raíz son mayores que las concentraciones de Ag en la parte aérea lo que indica una baja movilidad de Ag de las raíces a la parte aérea de las plantas. Por otro lado, Medina & Montano (2014) en su investigación menciona que hay una inmovilización de metales pesados en sus raíces de las especies *Juncus articus Wild* y *Cortaderia rudiusscula stapf*. Debido a que las concentraciones de Ag en la raíz son mayores que en la parte aérea.

Observamos que la concentración promedio de Ag de la especie *Paspalum tuberosum* en suelo es de 52 mg/kg y 52.6 mg/kg que corresponde a la parte de la raíz. La planta que acumulo más Ag corresponde al *Pennisetum clandestinum* en la raíz con 58.3 y en el tallo con 12.3 mg/kg.

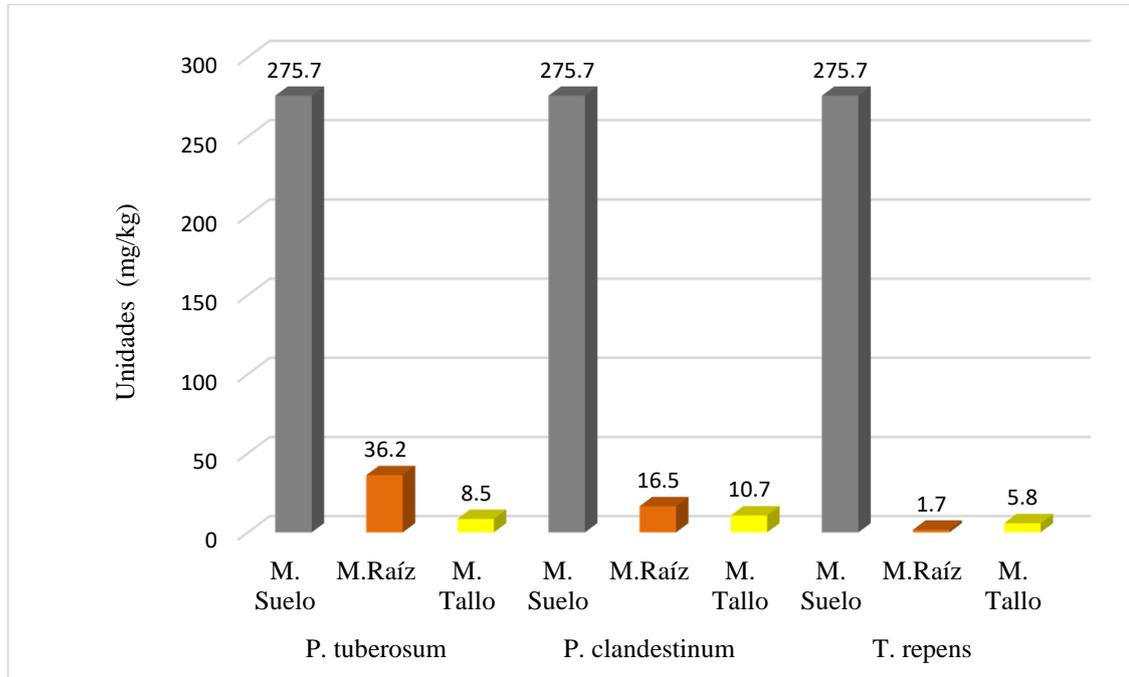


Figura 3. Concentraciones promedio de As en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.

En la Figura 3 la especie *Paspalum tuberosum* tiene concentraciones de As en la raíz con 36.2 mg/kg fueron mayores que las concentraciones de As en la parte aérea con 8.5 mg/kg de la planta lo que indica una baja movilidad de As de las raíces a la parte aérea de la planta.

En el *Trifolium repens* las concentraciones de As en la parte aérea fueron mayores que las concentraciones en la raíz de la especie, lo que indica una movilidad de As de la raíz a la parte aérea, por ejemplo: En la tesis “Determinación del Factor de Bioconcentración y Traslocación de metales pesados en *Juncus arcticus* Willd y *Cortaderia rudiusscula* Stapf, de Áreas Contaminadas con el Pasivo Ambiental minero Alianza-ancash” desarrollado por Medina & Montano (2014) concluye que las concentraciones de As en la especie *Juncus arcticus* Willd. En la raíz fueron mayores

que las concentraciones de As en la parte aérea de la especie lo que indica baja movilidad de As de la raíz a la parte aérea y la inmovilización de metales pesados en raíces.

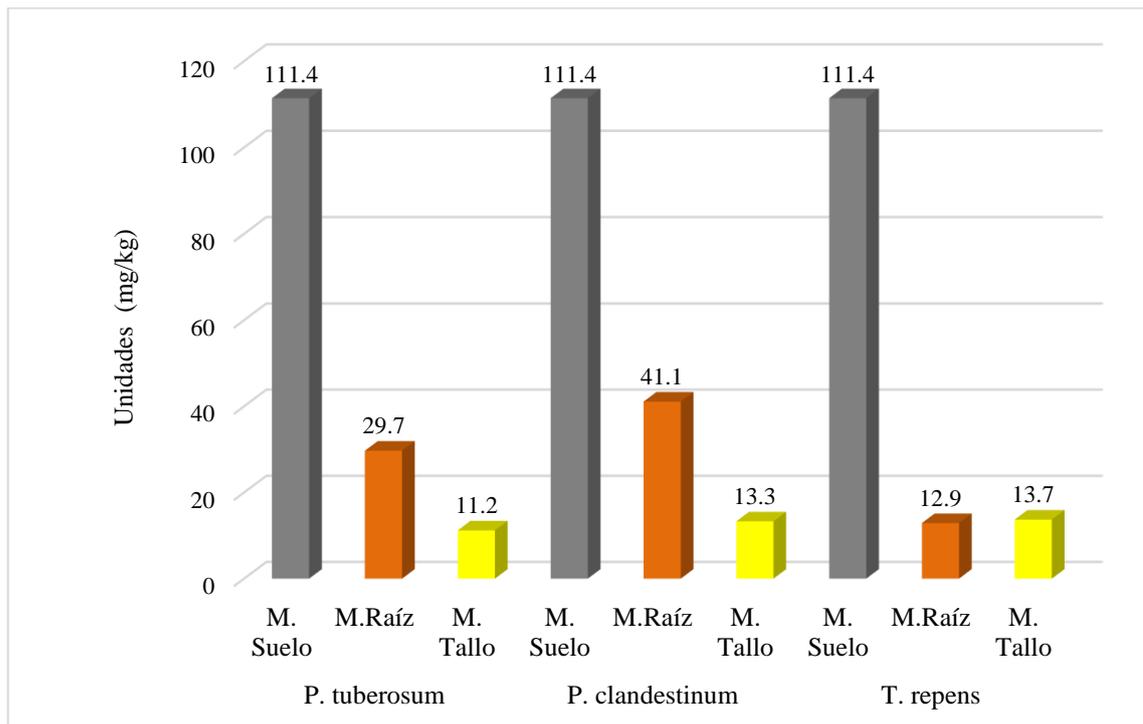


Figura 4. Concentraciones promedio de Cu en muestras de suelo y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.

En la Figura 4 las concentraciones de Cu en la raíz fueron mayores que las concentraciones de Cu en la parte aérea en las especies *Paspalum tuberosum* y *Pennisetum clandestinum*, lo que indica una baja movilidad de Cu de las raíces a la parte aérea de las plantas. En el *Trifolium repens* las concentraciones de Cu en la parte aérea fueron mayores que las concentraciones en la raíz de la especie, lo que indica una movilidad de Cu de la raíz a la parte aérea.

Donde es importante mencionar que el estudio realizado por Medina & Montano (2014) donde fue estudiada la especie *Juncus arcticus Willd*, se obtuvo que las concentraciones de Cu en sus raíces y en la parte aérea son más altas que los encontrados en el *Paspalum distichum*. Donde las concentraciones de Cu en las especies *Juncus arcticus Willd* y *Cortaderia rudiusscula Stapf*, en el 100% de las muestras de dichas plantas, las concentraciones de Cu en la raíz fueron mayores que las concentraciones de Cu en la parte aérea de la planta, por lo que se concluye que hay una baja movilidad de Cu de las raíces a la parte aérea de las plantas y una inmovilidad de metales pesados en las raíces.

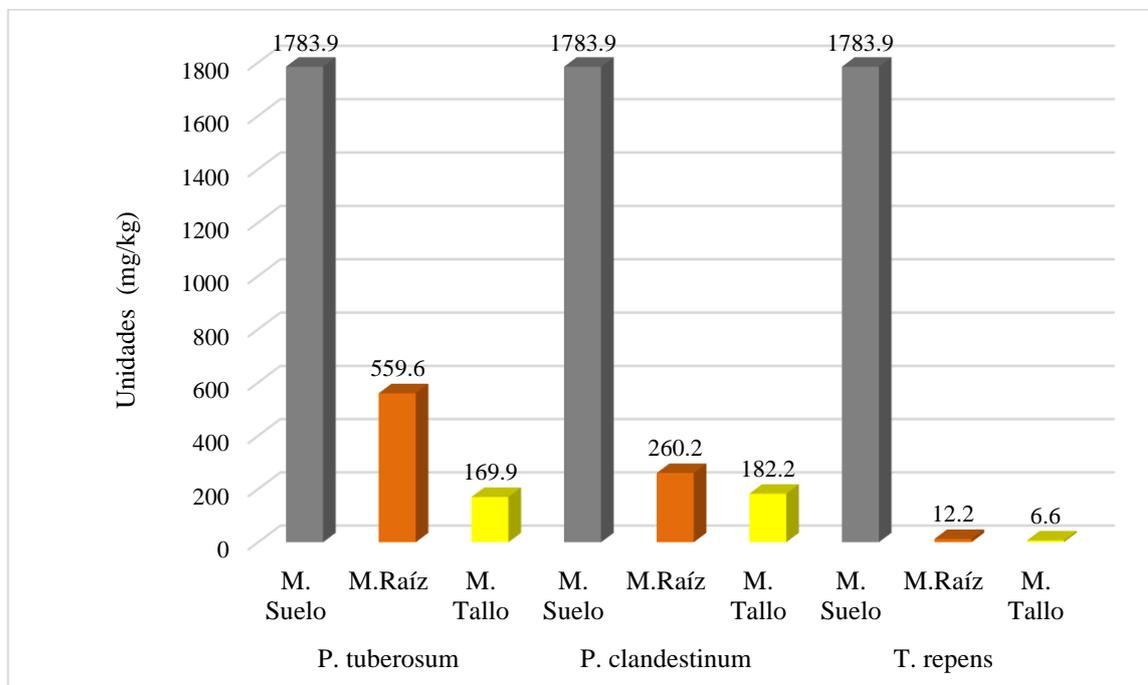


Figura 5. Concentraciones promedio de Pb en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.

En la Figura 5 observamos que las concentraciones de Pb en la raíz fueron mayores que las concentraciones de Pb en la parte aérea de las tres especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*, lo que indica una baja movilidad de Pb de las raíces a la parte aérea.

Asimismo, esta especie fue estudiada por Benigno (2018) en su trabajo de investigación, que tuvo por objetivo evaluar la capacidad de Zinc (Zn) y Plomo (Pb) en la especie *Trifolium repens* y *Chenopodium ambrosioides* del relave minero “Santa Rosa de Jangas” los resultados obtenidos indicaron que el *Trifolium repens* tiene alta capacidad fitoextractora teniendo factores de bioconcentración y traslocaciones mayores a uno en los tratamientos con 25% de relave y 75% de relave, presentando valores de biomasa

baja. En el caso de *Chenopodium ambrosioides* los valores de bioconcentración y traslocación clasificaron a esta especie como excluyente, pudiendo usarse en procesos de fitoestabilización.

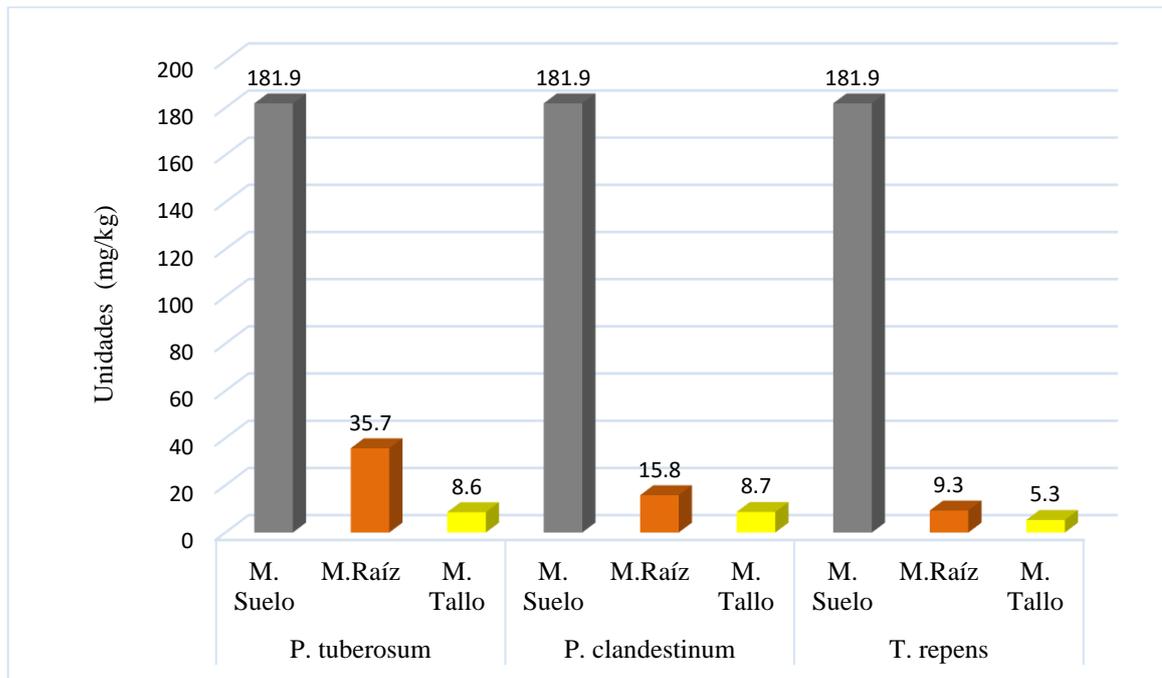


Figura 6. Concentraciones promedio de Sb en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.

En la Figura 6 la concentración de Sb en el *Paspalum tuberosum* en la raíz son mayores con 35.7 mg/kg que las concentraciones de Sb en la parte aérea de la planta con 8.6 mg/kg, significa que la planta no traslada eficazmente Al de las raíces a la parte aérea, por lo que su potencial es la de fitoestabilizar metales en sus raíces según la relación de Olivares (2009) cuando el factor de traslocación es menor a 1, igual que las muestras de las especies *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens* las concentraciones de Sb en la raíz son mayores que las concentraciones de Sb en la parte aérea lo que indica una baja movilidad de Al de las raíces a la parte aérea de las plantas.

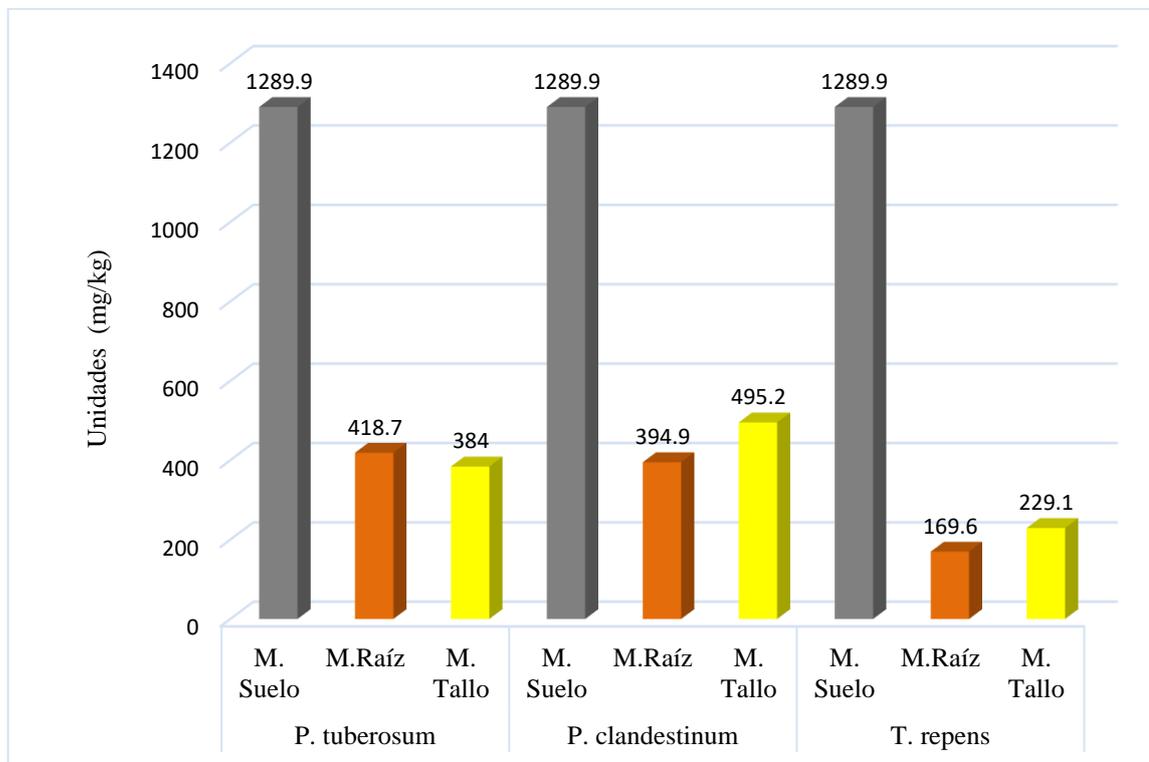


Figura 7. Concentraciones promedio de Zn en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.

En la Figura 7 las muestras de plantas de las especies *Trifolium repens* y *Pennisetum clandestinum*, las concentraciones Zn en la raíz son menores que las concentraciones de Zn en la parte aérea de la planta, lo que indica una baja movilidad de Zn de las raíces a la parte aérea. Por tanto, las concentraciones reportadas en esta investigación de las dos especies tienen el potencial de hiperacumular metales en la parte aérea de acuerdo con Baker y Brooks (1989) cuando el factor de traslocación es mayor a 1.

Por otro lado, el *Paspalum tuberosum* tiene una concentración de 384 mg/kg en la parte aérea y una concentración de 418.7 mg/kg que corresponde a la parte de la raíz, de acuerdo a Olivares (2009) la concentración de metales en parte aérea entre la

concentración de metales en la raíz de la planta es menor a 1 significa que la especie *Paspalum tuberosum* solo tiene el potencial de fitoestabilizar metales en sus raíces.

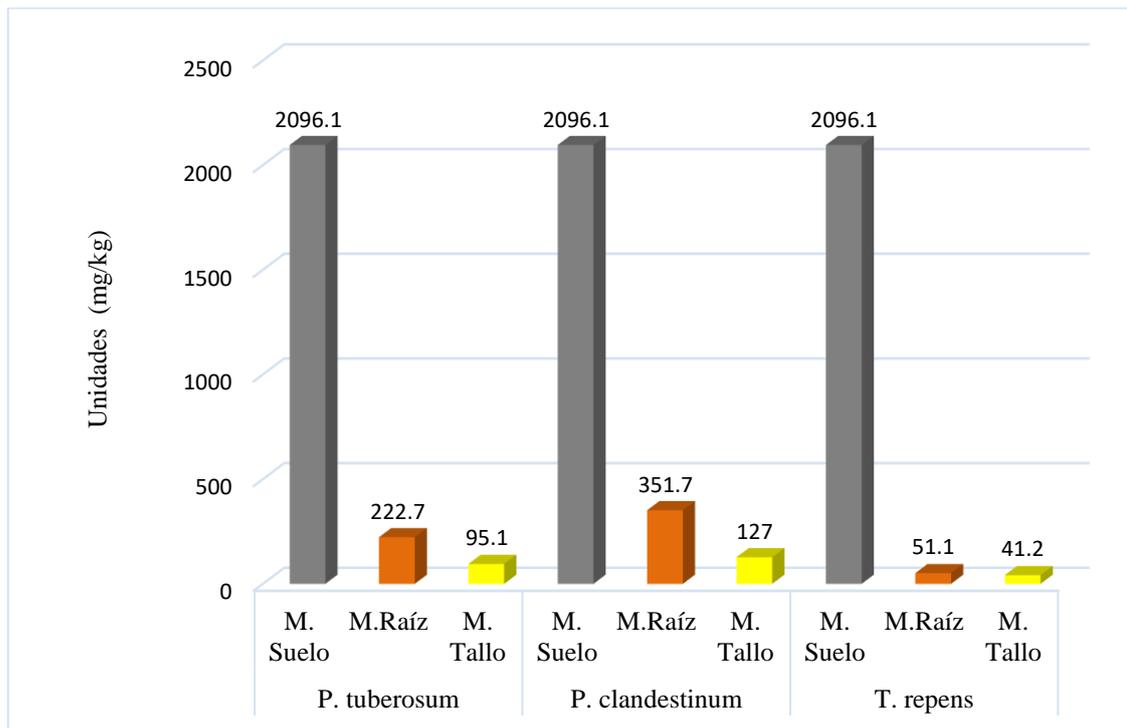


Figura 8. Concentraciones promedio de Al en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.

En la Figura 8 la concentración de Al en el *Paspalum tuberosum* en la raíz son mayores con 222.7 mg/kg que las concentraciones de Al en la parte aérea de la planta con 95.1 mg/kg, significa que la planta no traslada eficazmente Al de las raíces a la parte aérea, por lo que su potencial es la de fitoestabilizar metales en sus raíces según la relación de olivares (2009) cuando el factor de traslocación es menor a 1, igual que las muestras de las especies *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens* las concentraciones de Al en la raíz son mayores que las concentraciones de Al en la parte aérea lo que indica una baja movilidad de Al de las raíces a la parte aérea de las plantas.

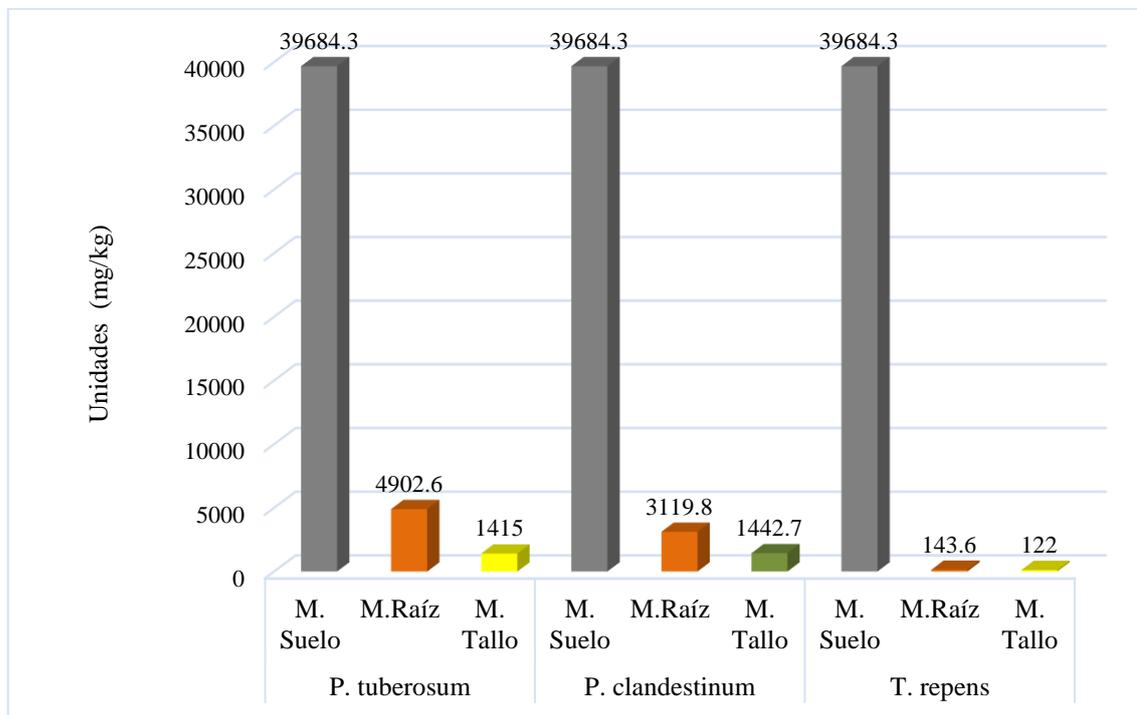
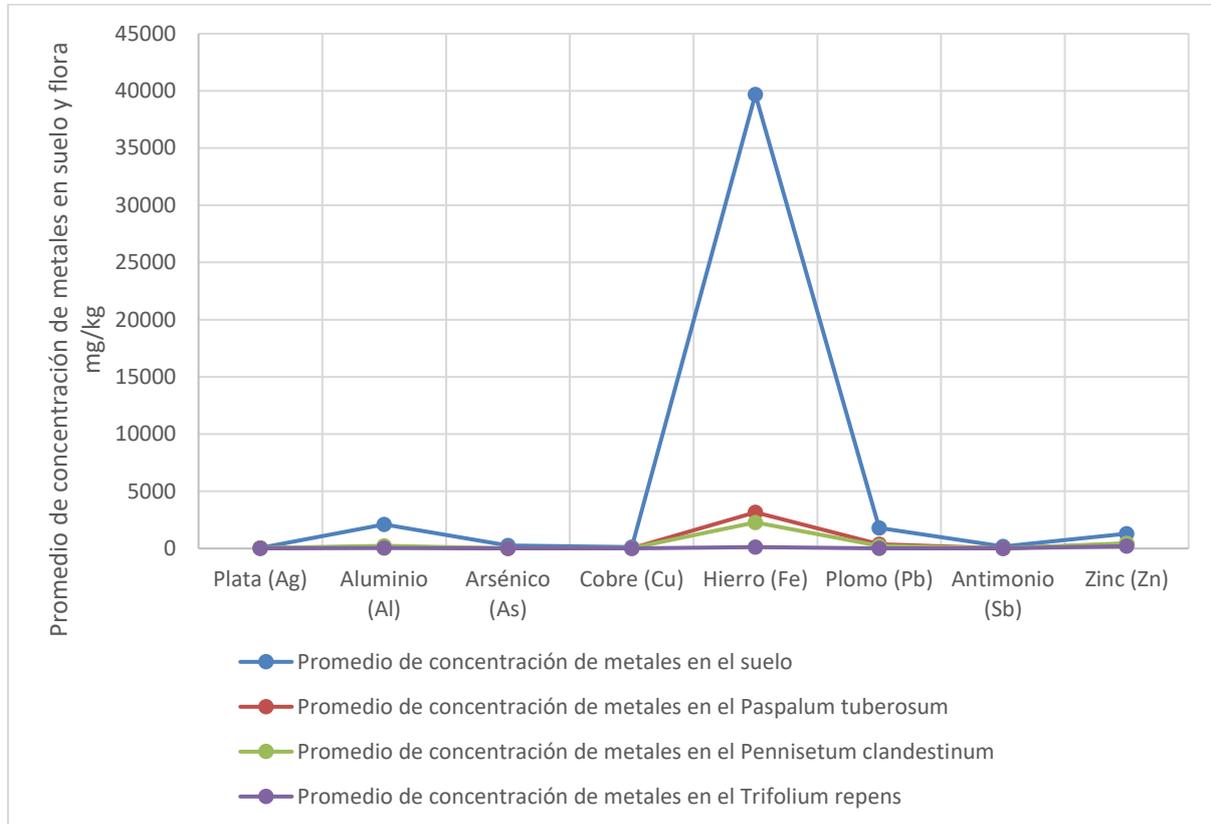


Figura 9. Concentraciones promedio de Fe en muestras de suelo contaminado y plantas (mg/kg) en la comunidad de Tumbacucho.

En la Figura 9 observamos que las concentraciones de Fe en la raíz fueron mayores que las concentraciones de Fe en la parte aérea de las tres especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*, lo que indica una baja movilidad de Fe de las raíces a la parte aérea.

Por tanto, las concentraciones reportadas en esta investigación de las tres especies tienen el potencial de fitoestabilizar metales en sus raíces de acuerdo con Baker y Brooks (1989) cuando el factor de traslocación es menor a 1.

Figura 10. Correlación entre el suelo contaminado y las especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*.



En la Figura 10 se observa la relación existente entre las especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y el suelo contaminado, donde finalmente se obtuvieron los siguientes coeficientes de correlación de acuerdo a los promedios concentración de metales en suelo y planta (Anexo 33):

- **Coefficiente de correlación del promedio de concentración de metales en el suelo con el Promedio de concentración de metales en el *Paspalum tuberosum*:**

$r = 0.994$ (correlación directa positiva muy alta)

- **coeficiente de correlación del promedio de concentración de metales en el suelo con el Promedio de concentración de metales en el *Pennisetum clandestinum*:**

$r = 0.987$ (correlación directa positiva muy alta).

- **Coefficiente de correlación del promedio de concentración de metales en el suelo con el Promedio de concentración de metales en el *Trifolium repens*:**

$r = 0.460$ (correlación directa positiva moderada)

Al determinar las correlaciones lineales con la finalidad de identificar la relación existente entre la concentración de metales pesados en suelo y la concentración de metales pesados en las especies *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*, se tomó en cuenta el coeficiente de correlación de Pearson según Acosta (2003) expresa o mide el grado de asociación o afinidad entre las variables relacionadas, para ello se puede indicar que los coeficientes de correlación fueron directa positiva muy alta a directa positiva moderada, hace indicar que la relación entre estas variables se da de manera directamente proporcional, por lo tanto, en medida que aumente una de ellas, aumentará la otra. Por lo cual se debe mencionar que la especie *Paspalum tuberosum* tiene el valor más alto de correlación con un coeficiente de 0.994, lo que se concluye que esta especie tiene una mejor relación entre las concentraciones de metales de suelo y metales en planta.

En el estudio realizado por Walter & Dávila (2018) los coeficientes de correlación de la zona de estudio denominado Las Graditas son menores que la zona de estudio el Sinchao. Cabe mencionar que el valor más alto de correlación fue el de la especie *Carex pichinchensis* con un coeficiente de 0.986, lo que significa 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.

4.2 Conclusiones

- Se determinó tres especies de flora herbácea con mayor valor de importancia que se desarrollan en suelos contaminados en la comunidad de Tumbacucho las cuales son: *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens*.
- Se determinó la concentración promedio de metales pesados en el suelo de la comunidad de Tumbacucho, las concentraciones son: Plata 52.01 mg/kg, Aluminio 2096.1 mg/kg, Arsénico 275.72 mg/kg, Bario 280.78 mg/kg, Calcio 241.50 mg/kg, Cadmio 11.95 mg/kg, Cobalto 0.28 mg/kg, Cromo 13.82 mg/kg, Cobre 111.41 mg/kg, Hierro 39684.26 mg/kg, Mercurio 1.0, Potasio 1308.27 mg/kg, Magnesio 36.31, Manganeso 230.09 mg/kg, Molibdeno 16.77 mg/kg, Sodio 36.29 mg/kg, Níquel 2.57 mg/kg, Fósforo 1294.23 mg/kg, Plomo 1783.93 mg/kg, Antimonio 181.88 mg/kg, Selenio 34.695 mg/kg, Sílice 224.1 mg/kg, Estaño 8.85 mg/kg, Estroncio 14.93 mg/kg, Titanio 6.67 mg/kg, Talio 1.50 mg/kg, Vanadio 24.99 y Zinc 1289 mg/kg.
- Se determinó la concentración de metales pesados en las raíces de tres especies de flora herbácea con mayor valor de importancia las concentraciones son: *Paspalum tuberosum*. Plata 52.55 mg/kg, Aluminio 222.73 mg/kg, Arsénico 36.19 mg/kg, Boro 5 mg/kg, Bario 148.68 mg/k, Calcio 1672.7 mg/kg, Cobalto 0.41 mg/kg, Cromo 3.465 mg/kg, Cobre 29.725 mg/kg, Hierro 4902.55 mg/kg, Potasio 7469.6 mg/kg, Magnesio 228.35 mg/kg, Manganeso 109.48 mg/kg, Sodio 84.635 mg/kg, Fósforo 1459.25 mg/kg, Plomo 559.625 mg/kg, Antimonio 35.705 mg/kg, Selenio 11.27 mg/kg, Silice 203.99 mg/kg, Estaño 9.61 mg/kg, Estroncio 11.57 mg/kg, Titanio 2.53 mg/kg, Talio 10.605 mg/kg, Vanadio 1.9 mg/kg y Zinc 418.66 mg/kg.

El *Pennisetum clandestinium*. Plata 58.335 mg/kg, Aluminio 351.675 mg/kg, Arsénico 16.485 mg/kg, Bario 48.995 mg/kg, Calcio 1028.76 mg/kg, Cromo 4.895 mg/kg, Cobre 41.14 mg/kg, Hierro 3119.8 mg/kg, Mercurio 0.28 mg/kg, Potasio 4683.5 mg/kg, Magnesio 351.885 mg/kg, Manganeso 229.41 mg/kg, Sodio 207.535 mg/kg, Níquel 1.935 mg/kg, Fósforo 1323.7 mg/kg, Plomo 260.19 mg/kg, Antimonio 5.75 mg/kg, Silice 223.97 mg/kg, Estaño 7.495 mg/kg, Titanio 2.115 mg/kg, Talio 2.4 mg/kg, Vanadio 2.455 mg/kg y Zinc 394.92 mg/kg. El *Trifolium repens*. Plata 4.07 mg/kg, Aluminio 51.085 mg/kg, Arsénico 1.69 mg/kg, Boro 17.4 mg/kg, Bario 29.415 mg/kg, Calcio 4006.555 mg/kg, Cobalto 0.21 mg/kg, Cromo 0.765 mg/kg, Cobre 12.925 mg/kg, Hierro 143.635 mg/kg, Potasio 16461.7 mg/kg, Magnesio 1223.805 mg/kg, Manganeso 34.595 mg/kg, Sodio 151.4 mg/kg, Fósforo 1613.45 mg/kg, Plomo 12.16 mg/kg, Antimonio 9.31 mg/kg, Silice 60.945 mg/kg, Estaño 5.155 mg/kg, Estroncio 24.01 mg/kg, Titanio 0.765 mg/kg, Vanadio 0.73 mg/kg y Zinc 169.615 mg/kg.

- Se determinó la concentración de metales pesados en la parte aérea de tres especies de flora herbácea con mayor valor de importancia las concentraciones son: *Paspalum tuberosum*. Plata 9.145 mg/kg, Aluminio 95.08mg/kg, Arsénico 8.455 mg/kg, Boro 12.81 mg/kg, Bario 40.235 mg/kg, Calcio 2104.35 mg/kg, Cromo 2.56 mg/kg Cobre 11.185 mg/kg, Hierro 1414.95 mg/kg, Potasio 8865.85 mg/kg, Magnesio 304.14 mg/kg, Manganeso 220.69 mg/kg, Sodio 362.305 mg/kg, Fósforo 1661.65 mg/kg, Plomo 169.865 mg/kg, Antimonio 8.5585 mg/kg, Silice 198.815 mg/kg, Estaño 3.25 mg/kg, Titanio 1.11 mg/kg, Talio 1.67 mg/kg, Vanadio 0.895 mg/kg y Zinc 383.985 mg/kg. El *Pennisetum clandestinium* Plata 12.34 mg/kg,

Aluminio 127.035 mg/kg, Arsénico 10.74 mg/kg, Bario 150.795 mg/kg, Calcio 4120.5 mg/kg, Cromo 2.805 mg/kg, Cobre 13.25 mg/kg, Hierro 1442.715 mg/kg, Potasio 8128.15 mg/kg, Magnesio 694.315 mg/kg, Manganeso 421.835 mg/kg, Sodio 65.1 mg/kg, Niquel 2.269 mg/kg, Fósforo 2544.9 mg/kg, Plomo 182.245 mg/kg, Antimonio 8.735 mg/kg, Silice 430.83 mg/kg, Estaño 4.455 mg/kg, Estroncio 14.465 mg/kg, Titanio 2.235mg/kg, Talio 1.92 mg/kg, Vanadio 1.005 mg/kg y Zinc 495.175 mg/kg. El *Trifolium repens*. Plata 4.415 mg/kg, Aluminio 41.18 mg/kg, Arsénico 5.83 mg/kg, Boro 39.08 mg/kg, Bario 62.855 mg/kg, Calcio 14373.1 mg/kg, Cromo 0.485 mg/kg, Cobre 13.735 mg/kg, Hierro 121.96 mg/kg, Potasio 41509.45 mg/kg, Magnesio 2128.2 mg/kg, Manganeso 47.805 mg/kg, Sodio 134.18 mg/kg, Fósforo 2569.35 mg/kg, Plomo 6.585 mg/kg, Antimonio 5.287 mg/kg, Silice 98.965 mg/kg, Estaño 5.45 mg/kg, Estroncio 64.795 mg/kg, Titanio 1.735 mg/kg, Talio 0.47 mg/kg, y Zinc 229.085 mg/kg.

- Se determinó el factor de bioconcentración (BCF) y traslocación (TF), de tres especies de flora herbácea con mayor valor de importancia, la concentración de metales pesados en las raíces del *Paspalum tuberosum*, el que mostro un BCF Raíz igual a 1.01 de Ag, lo que significa que dicha planta es acumuladora de Ag. Con respecto a los demás metales como As, Cu, Pb, Sb, Zn, Al y Fe el BCF Raíz es menor que 1, lo que indica que mencionada planta es excluyente a dichos metales. El *Pennisetum clandestinium*, mostro un BCF Raíz igual a 1.12 de Ag, lo que significa que dicha planta es acumuladora de Ag. Con respecto a los demás metales como As, Cu, Pb, Sb, Al y Fe el BCF Raíz, es menor que 1 lo que indica que mencionada planta es excluyente a dichos metales. El *Trifolium repens*, mostro un

BCF Raíz menor a 1 lo que indica que mencionada planta es excluyente a todos los metales. La concentración de metales pesados en la parte aérea del *Paspalum tuberosum*, *Pennisetum clandestinium* y *Trifolium repens*, mostro un BCF Aérea menor a 1 lo que indica que mencionadas plantas son excluyentes a todos los metales. El factor de traslocación (TF) de metales pesados en el *Paspalum tuberosum* y en el *Pennisetum clandestinium* mostraron un TF menor a 1 lo significa que dichas plantas no trasladan eficazmente los metales pesados de la raíz a la parte aérea de la planta, por lo que su potencial es la de fitoestabilizar metales en sus raíces. Y por último el *Trifolium repens* mostro un TF de Ag 1.07, As 3.41, Cu 1.06 y Zn 1.35 lo que 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. Con respecto a los demás metales como Pb, Sb, Al y Fe el BCF Raíz, BCF Aérea y TF es menor que 1. Por lo que su potencial es la de fitoestabilizar metales en sus raíces.

REFERENCIAS

- Acosta, R. (2003). *Estadística Elemental*. Lima: Estudios y Ediciones R.A
- Carhuaricra, C. (2013). Eficacia de la fitoextracción para la remediación de contaminados en Villa de Pasco. Callao.
- Canals, R., Peralta, J., y Zubiri, E. (8 de septiembre de 2009). Obtenido de https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/creditos_p.htm
- Castañeda, R. (24 de marzo de 2015). *Los metales pesados y sus efectos ambientales*.
- Chávez, L. (2014). *Fitorremediación con especies nativas en suelos*. Lima.
- Cornelis, R. (2007). *General chemistry, sampling, analytical methods, and speciation. handbook on the toxicology of metals*. EE.UU: El Sevier.
- Dávila, N. y Villegas, L. (2018). *Capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos mineros el sinchao distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, Cajamarca – Perú 2017*. Cajamarca .
- De Echave, J. (8 de febrero de 2019). <http://cooperacion.org.pe>. Obtenido de http://cooperacion.org.pe/los-pasivos-mineros-de-hualgayoc/?fbclid=iwar3j0zgwvuoabpmcd9jmm9eoc_3fus7rq2bqfjyes0q4pzagtjdzpvgqm-u
- Delgadillo, A. (2011). *Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and subtropical agroecosystems*, 601.
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo. Decreto supremo N°002- 2013-MINAM, Normas legales 491497. El Peruano. (28 de Mayo de 2014) Disponible: en:

<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/D-S-N-002-2013-MINAM.pdf>.

Gélvez, L. (2019). *mundo-pecuario.com*. Obtenido de <https://mundo-pecuario.com/tema191/gramineas/kikuyo-1050.html>

Guerrero, R. y Fabiola, T. (9 de enero de 2012). *archivo.elcomercio.pe*. Obtenido de http://archivo.elcomercio.pe/sociedad/lima/mas-200-pasivos-ambientales-hualgayoc-esperan-remediados_1-noticia-1358583

Guerrero, R. y Torrez, F. (9 de enero de 2012). *El Comercio* . Obtenido de http://archivo.elcomercio.pe/sociedad/lima/mas-200-pasivos-ambientales-hualgayoc-esperan-remediados_1-noticia-1358583

Ibáñez, J. (9 abril, 2006). “*El suelo y las plantas. Introducción: El suelo y su importancia en la distribución de las plantas*”. Recuperado 20 de noviembre de 2018, de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/04/09/17916>.

Ley N°28271. (2 de julio de 2004). Artículo 2.- *Definición de los pasivos ambientales*. Lima, Perú.

Martell, N. (2014). *Acumulación de metales pesados en Beta vulgaris L. y Lolium perenne L. de suelos de Cuemanco*. México : Fes Zaragoza .

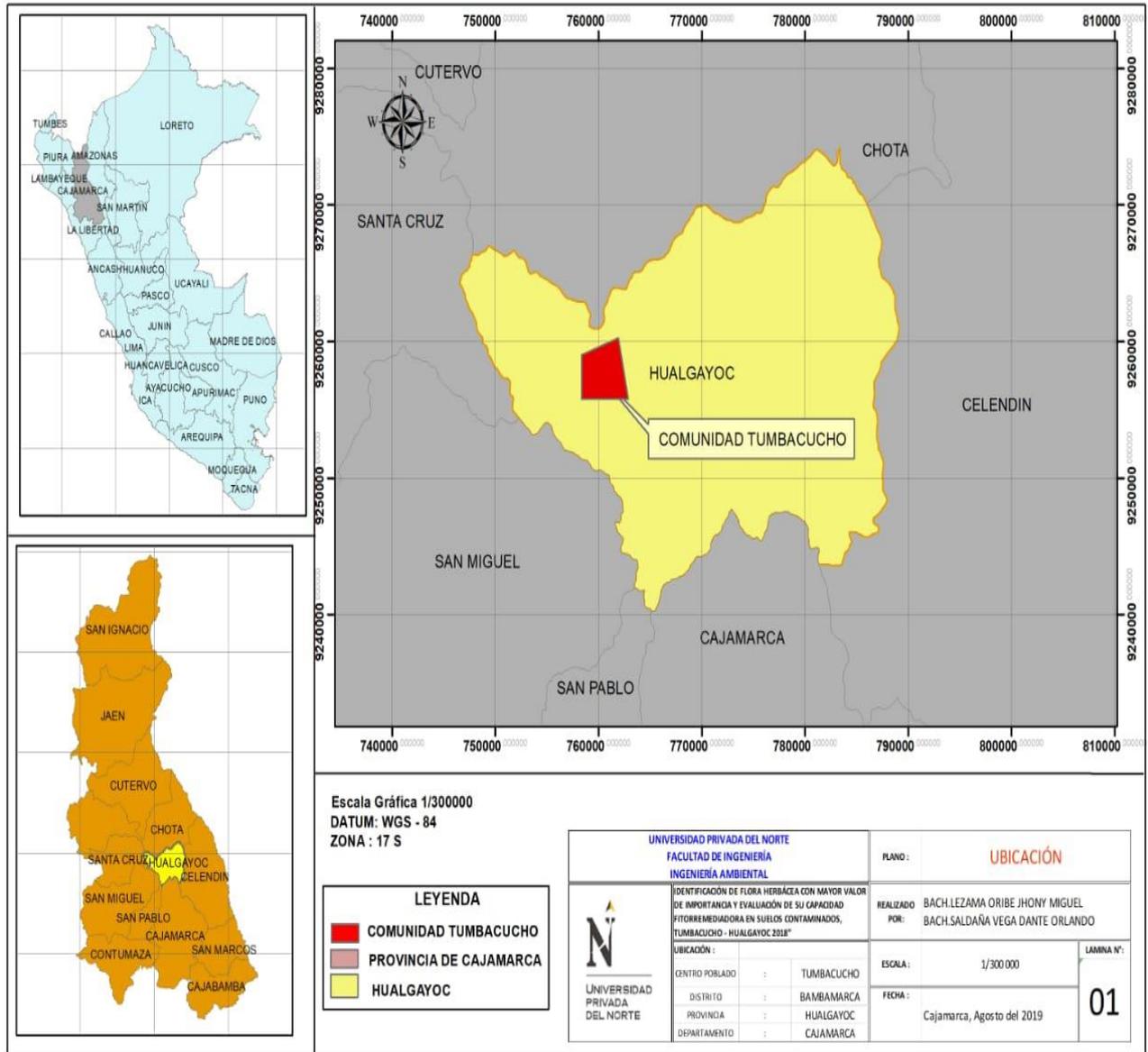
Medina, K. y Montano, Y. (2014). *Determinación del factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados en Juncus arcticus Wild y Cortaderia rudiusscula Stapf, de áreas contaminadas con el pasivo ambiental*. Ancash.

MINAM. (31 de Marzo de 2014). <http://www.minam.gob.pe>. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/guia-muestreo-suelo_MINAM1.pdf

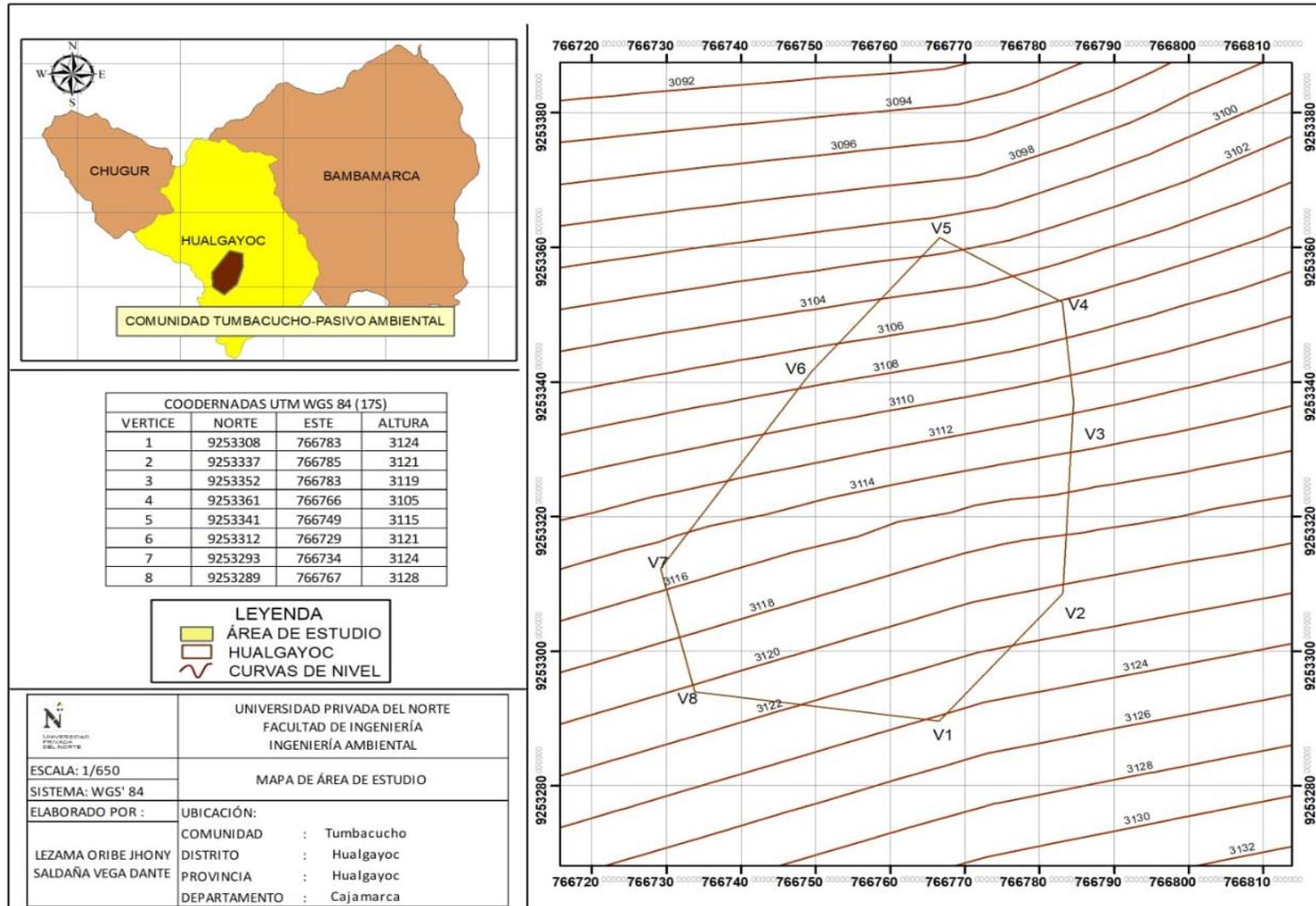
- Ortiz, H. y Trejo, R. (2009). *Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (amaranthus hybridus l.) y micorrizas*. *scielo.org.mx*, 1.
- OSINFOR - Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre. (2013). "Protocolo para la herborización: colección y preservado de ejemplares botánicos en procesos de supervisión forestal". Disponible en: http://www.osinfor.gob.pe/portalldata/destacado/adjunto/protocolo_herborizacion_julio2013.pdf
- Ruiz, E. y Armienta, M. (2012). *Acumulación de arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a residuos mineros*. *Contaminacion ambiental* , 107.
- Sucasaire, P. (2018). *Nivel de conocimiento de los alumnos de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, respecto a los tipos de metales pesados que contaminan el medio ambiente – 2017*. Puno: UNA-Puno.
- Valdiviezo, G. (2017). *Fitoextracción de cadmio en el suelo por medio del cultivo de cosmos*. Lima .
- Vega, R. (2018). “Evaluación de fitoextracción por *chenopodium ambrosioides* y *trifolium repens* de zinc y plomo del relave de la planta concentradora de minerales “Santa Rosa de Jangas”, año 2017. *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*.
- Virkutyte, J., Sillanpää, M. y Latostenmaa, P. (2002). *Electrokinetic soil remediation critical overview*. *Science of the total environment*, 289, 97– 121.

ANEXOS

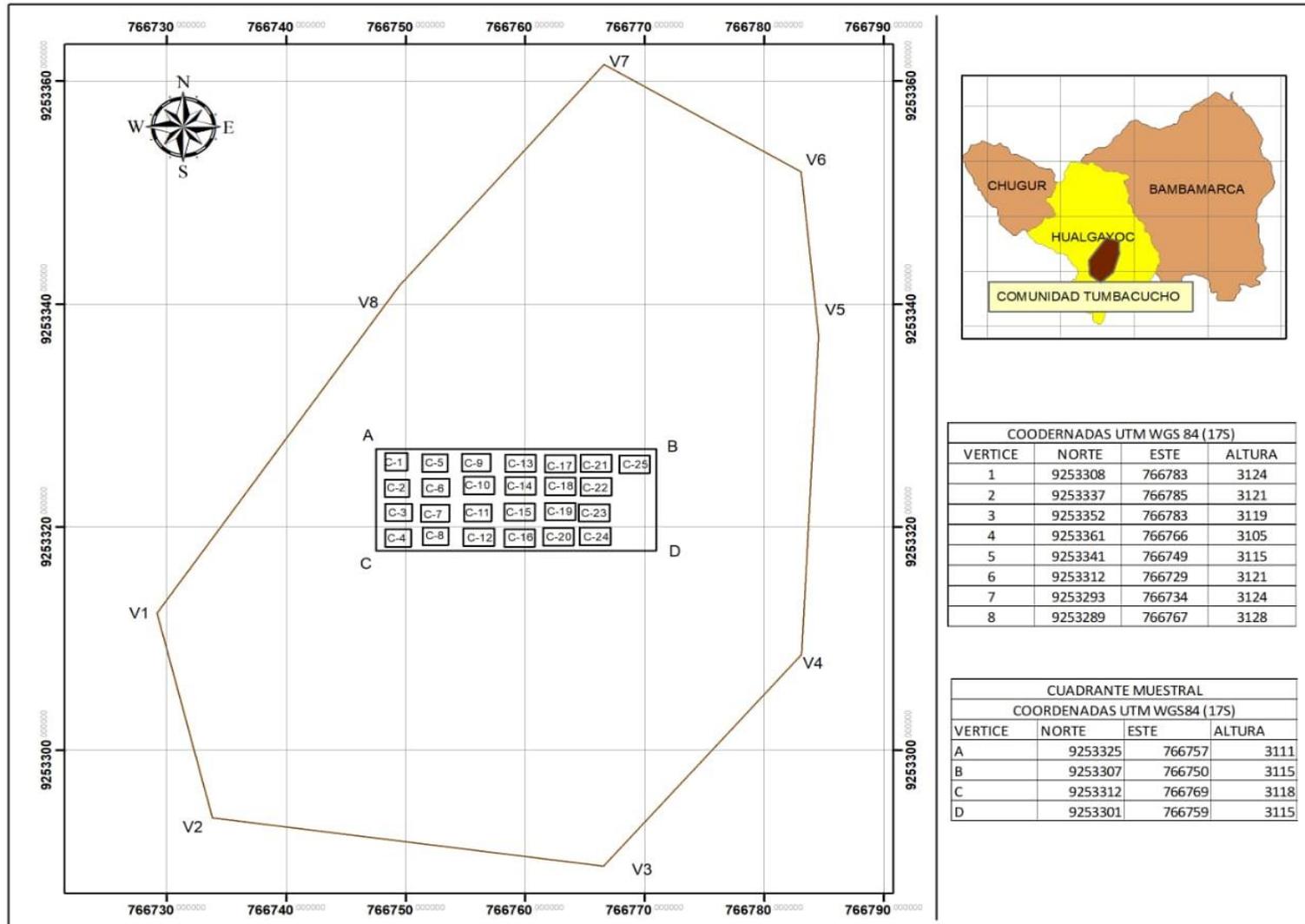
ANEXO N° 1. Mapa de ubicación de la comunidad de Tumbacucho.



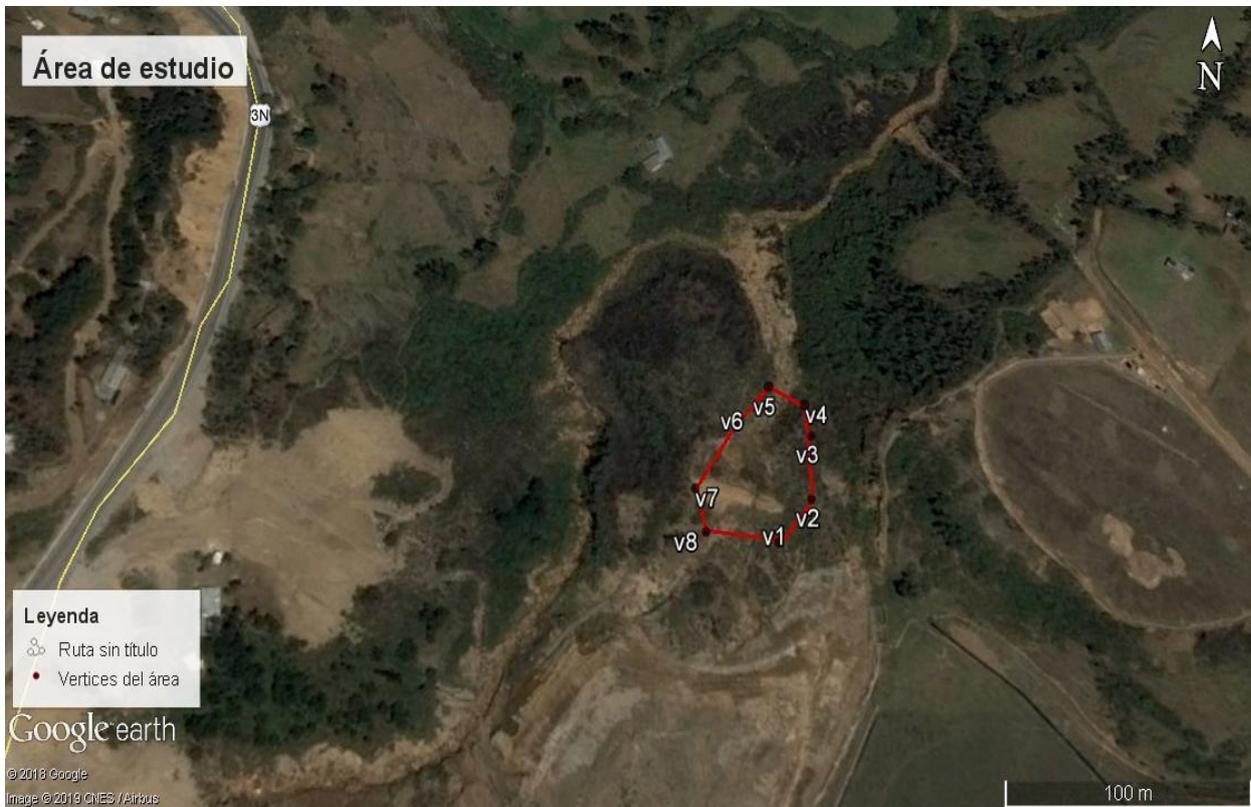
ANEXO N° 2. Mapa del área de estudio en la comunidad de Tumbacucho.



ANEXO N° 3. Mapa de ubicación de cuadrantes.



ANEXO N° 4. Ubicación del lugar de estudio.



ANEXO N° 5. Delimitación del área de estudio.



ANEXO N° 6. Recuento poblacional de especies de plantas.



ANEXO N° 7. Toma de muestras.



ANEXO N° 8. Toma de muestras.



ANEXO N° 9. Muestra de tallo del *Paspalum tuberosum* N°1.



ANEXO N° 10. Muestra de tallo del *Paspalum tuberosum* N°2.



ANEXO N° 11. Muestra de tallo del *Trifolium repens* N°1.



ANEXO N° 12. Muestra de tallo del *Trifolium repens* N°2.



ANEXO N° 13. Muestra de tallo del *Pennisetum clandestinum* N°1.



ANEXO N° 14. Muestra de tallo del *Pennisetum clandestinum* N°2.



ANEXO N° 15. Muestra de raíz del *Paspalum tuberosum* N°1.



ANEXO N° 16. Muestra de raíz del *Paspalum tuberosum* N°2.



ANEXO N° 17. Muestra de raíz del *Trifolium repens* N°1.



ANEXO N° 18. Muestra de raíz del *Trifolium repens* N°2.



ANEXO N° 19. Muestra de raíz del *Pennisetum clandestinum* N°1.



ANEXO N° 20. Muestra de raíz del *Pennisetum clandestinum* N°2.



ANEXO N° 21. Muestra de suelo N° 1.



ANEXO N° 22. Muestra de suelo N° 2.



ANEXO N° 23. Muestra de suelo N° 3.



ANEXO N° 24. Prensa botánica para el almacenamiento, secado, conservación e identificación de las plantas.



ANEXO N° 25. Laboratorio de Dendrología de la Facultad de Ciencias Forestales (UNC) se hallan enfocados en la identificación y documentación de la flora peruana.



ANEXO N° 26. *Paspalum tuberosum*.



ANEXO N° 27. *Pennisetum clandestinum*.



ANEXO N° 28. *Trifolium repens*.



ANEXO N° 29. Estándares de Calidad Ambiental para suelo.

ANEXO
ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ / Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Notas:

[*] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.

(1) **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

(2) **PS:** Peso seco.

(3) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

(4) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

(5) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

(6) **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

(7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la *International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)*. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA

ANEXO N° 30. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health.



**Canadian Soil Quality Guidelines
for the Protection of Environmental
and Human Health**

**SUMMARY
TABLES**

Update 7.0
September 2007

Table 1. Canadian Soil Quality Guidelines ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Substance ^y	Year revised/ released ^a	Land Use and Soil Texture							
		Agricultural [*]		Residential/ parkland [*]		Commercial [*]		Industrial [*]	
		Coarse	Fine	Coarse	Fine	Coarse	Fine	Coarse	Fine
Arsenic (inorganic)	1997	12 ^b		12 ^b		12 ^b		12 ^b	
Barium	2003	750 ^c		500 ^c		2000 ^c		2000 ^c	
Benzene									
Surface ^w	2004	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}						
Subsoil ^w	2004	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}						
Surface ^x	2004	0.0095 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.0095 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}
Subsoil ^x	2004	0.011 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.011 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}
Benzo(a)pyrene	1997	0.1 ^e		0.7 ^f		0.7 ^f		0.7 ^f	
Cadmium	1999	1.4 ^b		10 ^g		22 ^b		22 ^b	
Chromium									
Total chromium	1997	64 ^b		64 ^b		87 ^b		87 ^b	
Hexavalent chromium (VI)	1999	0.4 ^h		0.4 ^h		1.4 ^h		1.4 ^h	
Copper	1999	63 ^b		63 ^b		91 ^b		91 ^b	
Cyanide (free)	1997	0.9 ^b		0.9 ^b		8.0 ^b		8.0 ^b	
DDT (total)	1999	0.7 ⁱ		0.7 ⁱ		12 ^{i,j}		12 ^{i,j}	
Diisopropanolamine (DIPA) ^z	2006	180 ^b		180 ^b		180 ^b		180 ^b	
Ethylbenzene									
Surface	2004	0.082 ^t	0.018 ^{t,u}						
Subsoil	2004	0.082 ^t	0.018 ^{t,u}						
Ethylene glycol	1999	960 ^k		960 ^k		960 ^k		960 ^k	
Lead	1999	70 ^b		140 ^b		260 ^b		600 ^b	
Mercury (inorganic)	1999	6.6 ^b		6.6 ^b		24 ^b		50 ^b	
Naphthalene	1997	0.1 ^d		0.6 ^h		22 ^h		22 ^h	
Nickel	1999	50 ^l		50 ^l		50 ^l		50 ^l	
Nonylphenol (and its ethyloxyates)	2002	5.7 ^p		5.7 ^p		14 ^p		14 ^p	
Pentachlorophenol	1997	7.6 ^b		7.6 ^b		7.6 ^b		7.6 ^b	
Phenol	1997	3.8 ^b		3.8 ^b		3.8 ^b		3.8 ^b	
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	1999	0.5 ^m		1.3 ^l		33 ^{j,l}		33 ^{j,l}	
Polychlorinated dibenzo- <i>p</i> -dioxins/ dibenzofurans (PCDD/Fs)	2002	4 ng TEQ·kg ⁻¹ q		4 ng TEQ·kg ⁻¹ q		4 ng TEQ·kg ⁻¹ r		4 ng TEQ·kg ⁻¹ s	
Propylene glycol	2006	Insufficient information ^v							
Selenium	2007	1 ^b		1 ^b		2.9 ^b		2.9 ^b	

Continued

Canadian Environmental Quality Guidelines

Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, updated 2001, 2002, 2004, 2006, and 2007



**Canadian Soil Quality Guidelines
for the Protection of Environmental
and Human Health**

**SUMMARY
TABLES**

Update 7.0
September 2007

Table 1. Canadian Soil Quality Guidelines ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Substance ^Y	Year revised/ released ^a	Land Use and Soil Texture							
		Agricultural [*]		Residential/ parkland [*]		Commercial [*]		Industrial [*]	
		Coarse	Fine	Coarse	Fine	Coarse	Fine	Coarse	Fine
Arsenic (inorganic)	1997	12 ^b		12 ^b		12 ^b		12 ^b	
Barium	2003	750 ^c		500 ^c		2000 ^c		2000 ^c	
Benzene									
Surface ^W	2004	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}						
Subsoil ^W	2004	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}						
Surface ^X	2004	0.0095 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.0095 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}
Subsoil ^X	2004	0.011 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.011 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}	0.030 ^{t,u}	0.0068 ^{t,u}
Benzo(a)pyrene	1997	0.1 ^e		0.7 ^f		0.7 ^f		0.7 ^f	
Cadmium	1999	1.4 ^b		10 ^g		22 ^b		22 ^b	
Chromium									
Total chromium	1997	64 ^b		64 ^b		87 ^b		87 ^b	
Hexavalent chromium (VI)	1999	0.4 ^h		0.4 ^h		1.4 ^h		1.4 ^h	
Copper	1999	63 ^b		63 ^b		91 ^b		91 ^b	
Cyanide (free)	1997	0.9 ^b		0.9 ^b		8.0 ^b		8.0 ^b	
DDT (total)	1999	0.7 ⁱ		0.7 ⁱ		12 ^{i,j}		12 ^{i,j}	
Diisopropanolamine (DIPA) ^Z	2006	180 ^b		180 ^b		180 ^b		180 ^b	
Ethylbenzene									
Surface	2004	0.082 ^t	0.018 ^{t,u}						
Subsoil	2004	0.082 ^t	0.018 ^{t,u}						
Ethylene glycol	1999	960 ^k		960 ^k		960 ^k		960 ^k	
Lead	1999	70 ^b		140 ^b		260 ^b		600 ^b	
Mercury (inorganic)	1999	6.6 ^b		6.6 ^b		24 ^b		50 ^b	
Naphthalene	1997	0.1 ^d		0.6 ^h		22 ^h		22 ^h	
Nickel	1999	50 ^l		50 ^l		50 ^l		50 ^l	
Nonylphenol (and its ethyloxyates)	2002	5.7 ^p		5.7 ^p		14 ^p		14 ^p	
Pentachlorophenol	1997	7.6 ^b		7.6 ^b		7.6 ^b		7.6 ^b	
Phenol	1997	3.8 ^b		3.8 ^b		3.8 ^b		3.8 ^b	
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	1999	0.5 ^m		1.3 ^l		33 ^{j,l}		33 ^{j,l}	
Polychlorinated dibenzo- <i>p</i> -dioxins/ dibenzofurans (PCDD/Fs)	2002	4 ng TEQ·kg ⁻¹ q		4 ng TEQ·kg ⁻¹ q		4 ng TEQ·kg ⁻¹ r		4 ng TEQ·kg ⁻¹ s	
Propylene glycol	2006	Insufficient information ^V							
Selenium	2007	1 ^b		1 ^b		2.9 ^b		2.9 ^b	

Continued

“Identificación de flora herbácea con mayor valor de importancia y evaluación de su capacidad fitorremediadora en suelos contaminados, Tumbacucho 2018”

Parameter	Year released	Agricultural	Residential/ parkland	Commercial	Industrial
General Parameters					
Conductivity [dS/m]	1991	2	2	4	4
pH	1991	6 to 8	6 to 8	6 to 8	6 to 8
Sodium adsorption ratio	1991	5	5	12	12
Inorganic Parameters					
Antimony	1991	20	20	40	40
Beryllium	1991	4	4	8	8
Boron (hot water soluble)	1991	2	—	—	—
Cobalt	1991	40	50	300	300
Fluoride (total)	1991	200	400	2000	2000
Molybdenum	1991	5	10	40	40
Silver	1991	20	20	40	40
Sulphur (elemental)	1991	500	—	—	—
Tin	1991	5	50	300	300
Monocyclic Aromatic Hydrocarbons					
Chlorobenzene	1991	0.1	1	10	10
1,2-Dichlorobenzene	1991	0.1	1	10	10
1,3-Dichlorobenzene	1991	0.1	1	10	10
1,4-Dichlorobenzene	1991	0.1	1	10	10
Styrene	1991	0.1	5	50	50
Phenolic Compounds					
Chlorophenols ^a (each)	1991	0.05	0.5	5	5
Nonchlorinated ^b (each)	1991	0.1	1	10	10
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)					
Benzo(<i>a</i>)anthracene	1991	0.1	1	10	10
Benzo(<i>b</i>)fluoranthene	1991	0.1	1	10	10
Benzo(<i>k</i>)fluoranthene	1991	0.1	1	10	10
Dibenz(<i>a,h</i>)anthracene	1991	0.1	1	10	10
Indeno(1,2,3- <i>c,d</i>)pyrene	1991	0.1	1	10	10
Phenanthrene	1991	0.1	5	50	50
Pyrene	1991	0.1	10	100	100
Chlorinated Hydrocarbons					
Chlorinated aliphatics ^c (each)	1991	0.1	5	50	50
Chlorobenzenes ^d (each)	1991	0.05	2	10	10
Hexachlorobenzene	1991	0.05	2	10	10
Hexachlorocyclohexane	1991	0.01	—	—	—
Miscellaneous Organic Parameters					
Nonchlorinated aliphatics (each)	1991	0.3	—	—	—
Phthalic acid esters (each)	1991	30	—	—	—
Quinoline	1991	0.1	—	—	—
Thiophene	1991	0.1	—	—	—

“Identificación de flora herbácea con mayor valor de importancia y evaluación de su capacidad fitorremediadora en suelos contaminados, Tumbacucho 2018”

ANEXO N° 31. Informe de ensayo de laboratorio.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 1018582 - A

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO			
Razon Social/Usuario	LEZAMA ORIBE MIGUEL		
Dirección	Jose Sabogal N° 1136 Cajamarca		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	jhoniezam@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	10.10.18	Hora:	10:00 a 12:30
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestras	06	N° Frascos x muestra	01
Ensayos solicitados	Metales en Plantas		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el personal usuario		
Procedencia de la Muestra:	HUALGAYOC		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC - 646	Cadena de Custodia	CC - 582 - 18
N° Orden de Trabajo	1018582		
Fecha y Hora de Recepción	11.10.18	09:00	Inicio de Ensayo 15.10.18 12:00
Reporte Resultado	26.10.18	10:30	

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Pb, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/Kg	EPA 200.7, Rev 5.0.2001, Determination of Trace elements in water, solids, and biosolids by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry



Ing. Qco. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

Cajamarca, 26 de Octubre de 2018.

1 de 2

“Identificación de flora herbácea con mayor valor de importancia y evaluación de su capacidad fitorremediadora en suelos contaminados, Tumbacucho 2018”



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 1018582 - A

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			MNR1	MNT1	MNR2	MNT2	MTR1	MTT1
Código Laboratorio			1018582-04	1018582-05	1018582-06	1018582-07	1018582-08	1018582-09
Matriz			SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO
Descripción			PLANTA	PLANTA	PLANTA	PLANTA	PLANTA	PLANTA
Localización de la Muestra			Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*)Plata (Ag)	mg/Kg	1.70	53.83	8.739	51.270	9.568	6.273	3.521
(*)Aluminio (Al)	mg/Kg	2.20	321.7	74.03	123.8	116.13	66.91	48.92
(*)Arsénico (As)	mg/Kg	0.30	58.23	4.975	14.15	11.95	1.694	5.838
(*)Boro (B)	mg/Kg	2.10	<LCM	<LCM	5.006	12.816	21.45	61.03
(*)Bario (Ba)	mg/Kg	0.20	257.2	29.41	40.15	51.061	27.07	85.48
(*)Berilio (Be)	mg/Kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Calcio (Ca)	mg/Kg	1.60	1896	2057	1449	2152	4348	21849
(*)Cadmio (Cd)	mg/Kg	7.00	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Cobalto (Co)	mg/Kg	0.20	<LCM	<LCM	0.410	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Cromo (Cr)	mg/Kg	0.20	5.481	2.679	1.450	2.455	1.040	0.290
(*)Cobre (Cu)	mg/Kg	0.20	40.28	11.11	19.17	11.26	11.95	18.98
(*)Hierro (Fe)	mg/Kg	1.40	7736	1260	2069	1570.0	175.67	153.24
(*)Mercurio (Hg)	mg/Kg	0.02	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Potasio (K)	mg/Kg	1.90	4578	8276	10361	9455.5	15825.4	49465.7
(*)Litio (Li)	mg/Kg	4.90	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Magnesio (Mg)	mg/Kg	0.40	193.1	265.6	263.6	342.68	1094.6	2973.4
(*)Manganeso (Mn)	mg/Kg	1.70	114.3	183.24	104.66	258.14	31.730	62.066
(*)Molibdeno (Mo)	mg/Kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Sodio (Na)	mg/Kg	0.20	55.85	110.1	113.4	614.48	112.20	113.80
(*)Niquel (Ni)	mg/Kg	1.80	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Fósforo (P)	mg/Kg	0.20	1076	1644	1843	1679.7	1574.3	3202.5
(*)Plomo (Pb)	mg/Kg	2.00	893.4	148.6	225.9	191.17	13.116	8.710
(*)Antimonio (Sb)	mg/Kg	0.30	57.02	7.340	14.41	9.777	17.565	4.964
(*)Selenio (Se)	mg/Kg	8.50	11.275	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Silice (Si)	mg/Kg	0.50	198.7	195.0	209.3	202.65	71.459	120.34
(*)Estaño (Sn)	mg/Kg	1.70	14.75	<LCM	4.478	3.254	4.484	6.527
(*)Estroncio (Sr)	mg/Kg	8.50	11.57	<LCM	<LCM	<LCM	25.79	99.03
(*)Titanio (Ti)	mg/Kg	0.20	4.181	0.637	0.888	1.597	0.990	3.086
(*)Talio (Tl)	mg/Kg	0.40	7.589	2.266	13.63	1.099	<LCM	<LCM
(*)Vanadio (V)	mg/Kg	0.30	2.640	0.682	1.163	1.110	0.735	<LCM
(*)Zinc (Zn)	mg/Kg	0.40	383.7	362.44	453.62	405.53	157.13	298.37

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al Límite de cuantificación del Método establecido por Laboratorio.



Cajamarca, 26 de Octubre de 2018.

2 de 2

“Identificación de flora herbácea con mayor valor de importancia y evaluación de su capacidad fitorremediadora en suelos contaminados, Tumbacucho 2018”



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 1018582 - B

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **LEZAMA ORIBE MIGUEL**
 Dirección **Jose Sabogal N° 1136 Cajamarca**
 Persona de contacto - Correo electrónico **jhonezam@gmail.com**

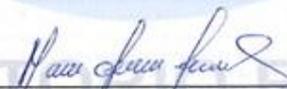
DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **10.10.18** Hora: **10:00 a 12:30**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **06** N° Frascos x muestra **01**
 Ensayos solicitados **Metales en Plantas**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**
 Procedencia de la Muestra: **HUALGAYOC**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 646** Cadena de Custodia **CC - 582 - 18**
 N° Orden de Trabajo **1018582**
 Fecha y Hora de Recepción **11.10.18 09:00** Inicio de Ensayo **15.10.18 12:00**
 Reporte Resultado **26.10.18 10:30**

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales por ICP-OES (Al,Sb,As,Ba,Be,B,Cd, Ca,Cr,Co,Cu,Fe,Hg,Pb,LI,Mg,Mn,Mo,Ni,P, K,Se,SI,Ag,Na,Sr,Tl, Sn,Ti,V,Zn)	mg/Kg	EPA 200.7. Rev 5.0 2001. Determination of Trace elements in water, solids, and biosolids by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry


 Ing. Oco Marjano de la Cruz Sarmiento
 Analista Responsable de Química
 CIP: 119544

Cajamarca, 26 de Octubre de 2018.

1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 1018582 - B

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			MTR2	MTT2	MGR1	MGT1	MGR2	MGT2
Código Laboratorio			1018582-10	1018582-11	1018582-12	1018582-13	1018582-14	1018582-15
Matriz			SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO
Descripción			PLANTA	PLANTA	PLANTA	PLANTA	PLANTA	PLANTA
Localización de la Muestra			Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*)Plata (Ag)	mg/Kg	1.70	1.874	5.319	43.45	15.42	73.23	9.270
(*)Aluminio (Al)	mg/Kg	2.20	35.26	33.44	270.0	165.7	433.3	88.34
(*)Arsénico (As)	mg/Kg	0.30	<LCM	<LCM	10.364	16.64	22.613	4.843
(*)Boro (B)	mg/Kg	2.10	13.35	17.136	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Bario (Ba)	mg/Kg	0.20	31.76	40.236	28.68	212.95	69.318	88.64
(*)Berilio (Be)	mg/Kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Calcio (Ca)	mg/Kg	1.60	3665	6897	958.2	3950	1099	4291
(*)Cadmio (Cd)	mg/Kg	7.00	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Cobalto (Co)	mg/Kg	0.20	0.215	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Cromo (Cr)	mg/Kg	0.20	0.490	0.689	4.749	3.438	5.051	2.189
(*)Cobre (Cu)	mg/Kg	0.20	13.90	8.496	36.77	15.65	45.517	10.85
(*)Hierro (Fe)	mg/Kg	1.40	111.6	90.68	1719.6	1898	4520	987.53
(*)Mercurio (Hg)	mg/Kg	0.02	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.2836	<LCM
(*)Potasio (K)	mg/Kg	1.90	17098	33553	4742	7965	4625	8291
(*)Litio (Li)	mg/Kg	4.90	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Magnesio (Mg)	mg/Kg	0.40	1353	1283	350.7	697.5	353.1	691.1
(*)Manganeso (Mn)	mg/Kg	1.70	37.46	33.55	173.6	435.4	285.3	408.3
(*)Molibdeno (Mo)	mg/Kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Sodio (Na)	mg/Kg	0.20	190.6	154.6	326.3	72.34	88.77	57.86
(*)Niquel (Ni)	mg/Kg	1.80	<LCM	<LCM	2.024	2.269	1.850	<LCM
(*)Fósforo (P)	mg/Kg	0.20	1653	1936	1023	2629	1624	2461
(*)Plomo (Pb)	mg/Kg	2.00	11.21	4.465	137.3	239.5	383.1	125.0
(*)Antimonio (Sb)	mg/Kg	0.30	1.069	5.614	9.537	9.764	21.972	7.716
(*)Selenio (Se)	mg/Kg	8.50	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Silice (Si)	mg/Kg	0.50	50.44	77.59	195.3	678.6	252.6	183.1
(*)Estaño (Sn)	mg/Kg	1.70	5.831	4.380	6.647	5.382	8.352	3.533
(*)Estroncio (Sr)	mg/Kg	8.50	22.23	30.56	<LCM	14.99	<LCM	13.94
(*)Titanio (Ti)	mg/Kg	0.20	0.540	0.390	2.094	3.788	2.147	0.690
(*)Talio (Tl)	mg/Kg	0.40	<LCM	0.474	2.830	1.924	1.992	<LCM
(*)Vanadio (V)	mg/Kg	0.30	<LCM	<LCM	2.039	1.384	2.883	0.635
(*)Zinc (Zn)	mg/Kg	0.40	182.1	159.80	386.7	597.7	403.1	392.6

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al Límite de cuantificación del Método establecido por Laboratorio.



Cajamarca, 26 de Octubre de 2018.

2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 1018582 - C

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código Cliente			MS1	MS2	MS3	
Código Laboratorio			1018582-01	1018582-02	1018582-03	
Matriz			SÓLIDO	SÓLIDO	SÓLIDO	
Descripción			SUELO	SUELO	SUELO	
Localización de la Muestra			Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
(*)Plata (Ag)	mg/Kg	1.70	34.83	60.25	60.95	
(*)Aluminio (Al)	mg/Kg	2.20	1070	2547	2671	
(*)Arsénico (As)	mg/Kg	0.30	151.57	337.2	338.4	
(*)Boro (B)	mg/Kg	2.10	<LCM	<LCM	<LCM	
(*)Bario (Ba)	mg/Kg	0.20	156.0	335.5	350.8	
(*)Berilio (Be)	mg/Kg	0.20	<LCM	<LCM	<LCM	
(*)Calcio (Ca)	mg/Kg	1.60	170.1	240.4	314.0	
(*)Cadmio (Cd)	mg/Kg	7.00	<LCM	12.60	11.30	
(*)Cobalto (Co)	mg/Kg	0.20	<LCM	0.215	0.365	
(*)Cromo (Cr)	mg/Kg	0.20	8.217	15.43	17.82	
(*)Cobre (Cu)	mg/Kg	0.20	58.74	128.9	146.6	
(*)Hierro (Fe)	mg/Kg	1.40	21928	46536	50589	
(*)Mercurio (Hg)	mg/Kg	0.02	1.207	1.060	0.759	
(*)Potasio (K)	mg/Kg	1.90	748.1	1582.0	1595	
(*)Litio (Li)	mg/Kg	4.90	<LCM	<LCM	<LCM	
(*)Magnesio (Mg)	mg/Kg	0.40	18.0	48.93	42.00	
(*)Manganeso (Mn)	mg/Kg	1.70	125.29	264.08	300.9	
(*)Molibdeno (Mo)	mg/Kg	0.20	16.773	<LCM	<LCM	
(*)Sodio (Na)	mg/Kg	0.20	35.19	29.97	43.73	
(*)Niquel (Ni)	mg/Kg	1.80	2.014	2.619	3.116	
(*)Fósforo (P)	mg/Kg	0.20	752.2	1470	1660	
(*)Plomo (Pb)	mg/Kg	2.00	1009	2291	2051	
(*)Antimonio (Sb)	mg/Kg	0.30	89.72	216.8	239.1	
(*)Selenio (Se)	mg/Kg	8.50	<LCM	37.23	32.16	
(*)Silice (Si)	mg/Kg	0.50	151.9	254.2	266.2	
(*)Estaño (Sn)	mg/Kg	1.70	4.323	11.73	10.52	
(*)Estroncio (Sr)	mg/Kg	8.50	<LCM	14.69	15.18	
(*)Titanio (Ti)	mg/Kg	0.20	5.076	7.637	7.331	
(*)Talio (Tl)	mg/Kg	0.40	1.222	2.774	0.524	
(*)Vanadio (V)	mg/Kg	0.30	12.65	29.82	32.50	
(*)Zinc (Zn)	mg/Kg	0.40	730.9	1711.4	1427.4	

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al Límite de cuantificación del Método establecido por Laboratorio.

Cajamarca, 26 de Octubre de 2018.

2 de 2

ANEXO N° 32. Tablas de cálculo para determinar el valor de importancia de la flora herbácea.

TOTAL, DE LAS ESPECIES DE FLORA HERBÁCEA

	Número de individuos	Área (m ²)	Resultados
Densidad total	2068	25	82.72

DENSIDAD RELATIVA

Código	Nombre Científico	N° Individuos de una especie en todos los cuadrados	N° Total de individuos de todos los cuadrados.	*100	Resultado
PL-1	<i>Lupinus sp.</i>	20	2068	100	0.96
PL-2	<i>Ageratina exsertovenosa</i>	9	2068	100	0.43
PL-3	<i>Rubus pavonii</i>	30	2068	100	1.45
PL-4	<i>Cortaderia sp.</i>	71	2068	100	3.43
PL-5	<i>Paspalum tuberosum</i>	511	2068	100	24.70
PL-6	<i>Adiantaceae sp. A.</i>	29	2068	100	1.40
PL-7	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	48	2068	100	2.32
PL-8	<i>Eleocharis sp.</i>	102	2068	100	4.93
PL-9	<i>Canex bonplandii</i>	35	2068	100	1.69
PL-10	<i>Bidens pilosa</i>	50	2068	100	2.41
PL-11	<i>Bidens triplinervia</i>	40	2068	100	1.93
PL-12	<i>Hypericum silenoides</i>	52	2068	100	2.51
PL-13	<i>Pennisetum clandestinum</i>	501	2068	100	24.22
PL-14	<i>Ageratina adenophylla</i>	28	2068	100	1.35
PL-15	<i>Monnina conferta</i>	3	2068	100	0.14
PL-16	<i>Tagetes minutiflora</i>	10	2068	100	0.48
PL-17	<i>Bainadesia dombeyana</i>	3	2068	100	0.14
PL-18	<i>Berberis jelskiana</i>	3	2068	100	0.14
PL-19	<i>Mikania sp.</i>	9	2068	100	0.4

Código	Nombre Científico	Nº Individuos de una especie en todos los cuadrados	Nº Total de individuos de todos los cuadrados.	*100	Resultado
PL-20	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	4	2068	100	0.19
PL-21	<i>Gaultheria myrsinoids</i>	25	2068	100	1.20
PL-22	<i>Galium corymbosum</i>	34	2068	100	1.64
PL-23	<i>Ranunculus peruanus</i>	30	2068	100	1.45
PL-24	<i>Chaptalia sp.</i>	26	2068	100	1.25
PL-25	<i>Adiantum sp.</i>	3	2068	100	0.14
PL-26	<i>Minthostachys mollis</i>	11	2068	100	0.53
PL-27	<i>Cyperus sp.</i>	18	2068	100	0.87
PL-28	<i>Baitsia diffusa</i>	12	2068	100	0.58
PL-29	<i>Trifolium repens</i>	195	2068	100	9.42
PL-30	<i>Rumex acetosella</i>	6	2068	100	0.29
PL-31	<i>Castilleja arvensis</i>	5	2068	100	0.24
PL-32	<i>Bomarea dulcis</i>	3	2068	100	0.14
PL-33	<i>Setaria verticillata</i>	33	2068	100	1.59
PL-34	<i>Achiroclyne alata</i>	4	2068	100	0.19
PL-35	<i>Bomarea sp.</i>	5	2068	100	0.24
PL-36	<i>Cestrum tometossum</i>	4	2068	100	0.19
PL-37	<i>Baccharis latifolia</i>	12	2068	100	0.58
PL-38	<i>Elematis sp.</i>	3	2068	100	0.14
PL-39	<i>Baccharis alaternoides</i>	2	2068	100	0.09
PL-40	<i>Alonsoa meridionalis</i>	6	2068	100	0.29
PL-41	<i>Salanum americanum</i>	3	2068	100	0.14
PL-42	<i>Cranichis ciliata</i>	2	2068	100	0.09
PL-43	<i>Cortaderia nitida</i>	19	2068	100	0.91
PL-44	<i>Equisetum boyotense</i>	28	2068	100	1.35

“Identificación de flora herbácea con mayor valor de importancia y evaluación de su capacidad fitorremediadora en suelos contaminados, Tumbacucho 2018”

Código	Nombre Científico	Nº Individuos de una especie en todos los cuadrados	Nº Total de individuos de todos los cuadrados.	*100	Resultado
PL-45	<i>Tholobium pubescens</i>	3	2068	100	0.14
PL-46	<i>Passiflora mixta</i>	3	2068	100	0.14
PL-47	<i>Monactis flaverioides</i>	5	2068	100	0.24
PL-48	<i>Piper barbatum</i>	6	2068	100	0.29
PL-49	<i>Myrsine sessiliflora</i>	4	2068	100	0.19

Nota: PL = Planta.

DENSIDAD DE LAS ESPECIES

Código	Nombre Científico	Densidad relativa de una especie	Densidad total	/100	RESULTADO
PL-1	<i>Lupinus sp.</i>	0.96	82.72	100	0.8
PL-2	<i>Ageratina exsertovenosa</i>	0.43	82.72	100	0.36
PL-3	<i>Rubus pavonii</i>	1.45	82.72	100	1.2
PL-4	<i>Cortaderia sp.</i>	3.43	82.72	100	2.84
PL-5	<i>Paspalum tuberosum</i>	24.70	82.72	100	20.44
PL-6	<i>Adiantaceae sp. A.</i>	1.40	82.72	100	1.16
PL-7	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	2.32	82.72	100	1.92
PL-8	<i>Eleocharis sp.</i>	4.93	82.72	100	4.08
PL-9	<i>Canex bonplandii</i>	1.69	82.72	100	1.4
PL-10	<i>Bidens pilosa</i>	2.41	82.72	100	2
PL-11	<i>Bidens triplinervia</i>	1.93	82.72	100	1.6
PL-12	<i>Hypericum silenoides</i>	2.51	82.72	100	2.08
PL-13	<i>Pennisetum clandestinum</i>	24.22	82.72	100	20.04
PL-14	<i>Ageratina adenophylla</i>	1.35	82.72	100	1.12
PL-15	<i>Monnina conferta</i>	0.14	82.72	100	0.12

Código	Nombre Científico	Densidad relativa de una especie	Densidad total	/100	RESULTADO
PL-16	<i>Tagetes minutiflora</i>	0.48	82.72	100	0.4
PL-17	<i>Bainadesia dombeyana</i>	0.14	82.72	100	0.12
PL-18	<i>Berberis jelskiana</i>	0.14	82.72	100	0.12
PL-19	<i>Mikania sp.</i>	0.43	82.72	100	0.36
PL-20	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0.19	82.72	100	0.16
PL-21	<i>Gaultheria myrsinoids</i>	1.20	82.72	100	1
PL-22	<i>Galium corymbosum</i>	1.64	82.72	100	1.36
PL-23	<i>Ranunculus peruanus</i>	1.45	82.72	100	1.20
PL-24	<i>Chaptalia sp.</i>	1.25	82.72	100	1.04
PL-25	<i>Adiantum sp.</i>	0.14	82.72	100	0.12
PL-26	<i>Minthostachys mollis</i>	0.53	82.72	100	0.44
PL-27	<i>Cyperus sp.</i>	0.87	82.72	100	0.72
PL-28	<i>Baitsia diffusa</i>	0.58	82.72	100	0.48
PL-29	<i>Trifolium repens</i>	9.42	82.72	100	7.80
PL-30	<i>Rumex acetosella</i>	0.29	82.72	100	0.24
PL-31	<i>Castilleja arvensis</i>	0.24	82.72	100	0.20
PL-32	<i>Bomarea dulcis</i>	0.14	82.72	100	0.12
PL-33	<i>Setaria verticillata</i>	1.59	82.72	100	1.32
PL-34	<i>Achiroclyne alata</i>	0.19	82.72	100	0.16
PL-35	<i>Bomarea sp.</i>	0.24	82.72	100	0.20
PL-36	<i>Cestrum tometossum</i>	0.19	82.72	100	0.16
PL-37	<i>Baccharis latifolia</i>	0.58	82.72	100	0.48
PL-38	<i>Elematis sp.</i>	0.14	82.72	100	0.12
PL-39	<i>Baccharis alaternoides</i>	0.09	82.72	100	0.08
PL-40	<i>Alonsoa meridionalis</i>	0.29	82.72	100	0.24
PL-41	<i>Salanum americanum</i>	0.14	82.72	100	0.12
PL-42	<i>Cranichis ciliata</i>	0.09	82.72	100	0.08
PL-43	<i>Cortaderia nitida</i>	0.91	82.72	100	0.76
PL-44	<i>Equisetum boyotense</i>	1.35	82.72	100	1.12
PL-45	<i>Tholobium pubescens</i>	0.14	82.72	100	0.12
PL-46	<i>Passiflora mixta</i>	0.14	82.72	100	0.12
PL-47	<i>Monactis flaverioides</i>	0.24	82.72	100	0.20

“Identificación de flora herbácea con mayor valor de importancia y evaluación de su capacidad fitorremediadora en suelos contaminados, Tumbacucho 2018”

Código	Nombre Científico	Densidad relativa de una especie	Densidad total	/100	RESULTADO
PL-48	<i>Piper barbatum</i>	0.29	82.72	100	0.24
PL-49	<i>Myrsine sessiliflora</i>	0.19	82.72	100	0.16

FRECUENCIA DE UNA ESPECIE

Código	Nombre Científico	N° cuadrados en los que aparece una especie	N° Total de cuadrado	Frecuencia
PL-1	<i>Lupinus sp.</i>	7	25	0.28
PL-2	<i>Ageratina exsertovenosa</i>	5	25	0.20
PL-3	<i>Rubus pavonii</i>	10	25	0.40
PL-4	<i>Cortaderia sp.</i>	12	25	0.48
PL-5	<i>Paspalum tuberosum</i>	20	25	0.80
PL-6	<i>Adiantaceae sp. A.</i>	5	25	0.20
PL-7	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	6	25	0.24
PL-8	<i>Eleocharis sp.</i>	1	25	0.04
PL-9	<i>Canex bonplandii</i>	1	25	0.04
PL-10	<i>Bidens pilosa</i>	8	25	0.32
PL-11	<i>Bidens triplinervia</i>	6	25	0.24
PL-12	<i>Hypericum silenoides</i>	8	25	0.32
PL-13	<i>Pennisetum clandestinum</i>	10	25	0.40
PL-14	<i>Ageratina adenophylla</i>	7	25	0.28
PL-15	<i>Monnina conferta</i>	1	25	0.04
PL-16	<i>Tagetes minutiflora</i>	3	25	0.12
PL-17	<i>Bainadesia dombeyana</i>	1	25	0.04
PL-18	<i>Berberis jelskiana</i>	1	25	0.04
PL-19	<i>Mikania sp.</i>	3	25	0.12
PL-20	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	2	25	0.08
PL-21	<i>Gaultheria myrsinoids</i>	3	25	0.12
PL-22	<i>Galium corymbosum</i>	5	25	0.20
PL-23	<i>Ranunculus peruanus</i>	4	25	0.16
PL-24	<i>Chaptalia sp.</i>	5	25	0.20
PL-25	<i>Adiantum sp.</i>	1	25	0.04
PL-26	<i>Minthostachys mollis</i>	4	25	0.16

Código	Nombre Científico	N° cuadrados en los que aparece una especie	N° Total de cuadrado	Frecuencia
PL-27	<i>Cyperus sp.</i>	2	25	0.08
PL-28	<i>Baitsia diffusa</i>	2	25	0.08
PL-29	<i>Trifolium repens</i>	9	25	0.36
PL-30	<i>Rumex acetosella</i>	1	25	0.04
PL-31	<i>Castilleja arvensis</i>	2	25	0.08
PL-32	<i>Bomarea dulcis</i>	2	25	0.08
PL-33	<i>Setaria verticillata</i>	3	25	0.12
PL-34	<i>Achiroclyne alata</i>	2	25	0.08
PL-35	<i>Bomarea sp.</i>	2	25	0.08
PL-36	<i>Cestrum tometossum</i>	2	25	0.08
PL-37	<i>Baccharis latifolia</i>	7	25	0.28
PL-38	<i>Elematis sp.</i>	2	25	0.08
PL-39	<i>Baccharis alaternoides</i>	2	25	0.08
PL-40	<i>Alonsoa meridionalis</i>	2	25	0.08
PL-41	<i>Salanum americanum</i>	2	25	0.08
PL-42	<i>Cranichis ciliata</i>	1	25	0.04
PL-43	<i>Cortaderia nitida</i>	3	25	0.12
PL-44	<i>Equisetum boyotense</i>	2	25	0.08
PL-45	<i>Tholobium pubescens</i>	1	25	0.04
PL-46	<i>Passiflora mixta</i>	1	25	0.04
PL-47	<i>Monactis flaverioides</i>	4	25	0.16
PL-48	<i>Piper barbatum</i>	2	25	0.08
PL-49	<i>Myrsine sessiliflora</i>	1	25	0.04

Nota: PL = Planta

FRECUENCIA RELATIVA DE UNA ESPECIE

Código	Nombre Científico	Frecuencia de una especie	Frecuencia total de especies	*100	Frecuencia Relativa
PL-1	<i>Lupinus sp.</i>	0.28	7.84	100	3.57
PL-2	<i>Ageratina exsertovenosa</i>	0.20	7.84	100	2.55
PL-3	<i>Rubus pavonii</i>	0.40	7.84	100	5.10
PL-4	<i>Cortaderia sp.</i>	0.48	7.84	100	6.12
PL-5	<i>Paspalum tuberosum</i>	0.80	7.84	100	10.20
PL-6	<i>Adiantaceae sp. A.</i>	0.20	7.84	100	2.55
PL-7	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	0.24	7.84	100	3.06
PL-8	<i>Eleocharis sp.</i>	0.04	7.84	100	0.51
PL-9	<i>Canex bonplandii</i>	0.04	7.84	100	0.51
PL-10	<i>Bidens pilosa</i>	0.32	7.84	100	4.08
PL-11	<i>Bidens triplinervia</i>	0.24	7.84	100	3.06
PL-12	<i>Hypericum silenoides</i>	0.32	7.84	100	4.08
PL-13	<i>Pennisetum clandestinum</i>	0.40	7.84	100	5.10
PL-14	<i>Ageratina adenophylla</i>	0.28	7.84	100	3.57
PL-15	<i>Monnina conferta</i>	0.04	7.84	100	0.51
PL-16	<i>Tagetes minutiflora</i>	0.12	7.84	100	1.53
PL-17	<i>Bainadesia dombeyana</i>	0.04	7.84	100	0.51
PL-18	<i>Berberis jelskiana</i>	0.04	7.84	100	0.51
PL-19	<i>Mikania sp.</i>	0.12	7.84	100	1.53
PL-20	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-21	<i>Gaultheria myrsinoids</i>	0.12	7.84	100	1.53
PL-22	<i>Galium corymbosum</i>	0.20	7.84	100	2.55
PL-23	<i>Ranunculus peruanus</i>	0.16	7.84	100	2.04
PL-24	<i>Chaptalia sp.</i>	0.20	7.84	100	2.55
PL-25	<i>Adiantum sp.</i>	0.04	7.84	100	0.51
PL-26	<i>Minthostachys mollis</i>	0.16	7.84	100	2.04
PL-27	<i>Cyperus sp.</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-28	<i>Baitsia diffusa</i>	0.08	7.84	100	1.02

Código	Nombre Científico	Frecuencia de una especie	Frecuencia total de especies	*100	Frecuencia Relativa
PL-29	<i>Trifolium repens</i>	0.36	7.84	100	4.59
PL-30	<i>Rumex acetosella</i>	0.04	7.84	100	0.51
PL-31	<i>Castilleja arvensis</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-32	<i>Bomarea dulcis</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-33	<i>Setaria verticillata</i>	0.12	7.84	100	1.53
PL-34	<i>Achiroclyne alata</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-35	<i>Bomarea sp.</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-36	<i>Cestrum tomentosum</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-37	<i>Baccharis latifolia</i>	0.28	7.84	100	3.57
PL-38	<i>Elemais sp.</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-39	<i>Baccharis alaternoides</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-40	<i>Alonsoa meridionalis</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-41	<i>Salanum americanum</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-42	<i>Cranichis ciliata</i>	0.04	7.84	100	0.51
PL-43	<i>Cortaderia nitida</i>	0.12	7.84	100	1.53
PL-44	<i>Equisetum boyotense</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-45	<i>Tholobium pubescens</i>	0.04	7.84	100	0.51
PL-46	<i>Passiflora mixta</i>	0.04	7.84	100	0.51
PL-47	<i>Monactis flaverioides</i>	0.16	7.84	100	2.04
PL-48	<i>Piper barbatum</i>	0.08	7.84	100	1.02
PL-49	<i>Myrsine sessiliflora</i>	0.04	7.84	100	0.51

Nota: PL = Planta

PROMEDIO DE DOMINANCIA

Código	Nombre Científico	Nº cuadrados en los que domina la especie	Nº Total de cuadrados	Resultados
PL-1	<i>Lupinus sp.</i>	0	25	0
PL-2	<i>Ageratina exsertovenosa</i>	0	25	0
PL-3	<i>Rubus pavonii</i>	0	25	0
PL-4	<i>Cortaderia sp.</i>	2	25	0.08
PL-5	<i>Paspalum tuberosum</i>	8	25	0.32
PL-6	<i>Adiantaceae sp. A.</i>	0	25	0
PL-7	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	0	25	0
PL-8	<i>Eleocharis sp.</i>	1	25	0.04
PL-9	<i>Canex bonplandii</i>	1	25	0.04
PL-10	<i>Bidens pilosa</i>	0	25	0
PL-11	<i>Bidens triplinervia</i>	0	25	0
PL-12	<i>Hypericum silenoides</i>	0	25	0
PL-13	<i>Pennisetum clandestinum</i>	6	25	0.24
PL-14	<i>Ageratina adenophylla</i>	0	25	0
PL-15	<i>Monnina conferta</i>	0	25	0
PL-16	<i>Tagetes minutiflora</i>	0	25	0
PL-17	<i>Bainadesia dombeyana</i>	0	25	0
PL-18	<i>Berberis jelskiana</i>	0	25	0
PL-19	<i>Mikania sp.</i>	0	25	0
PL-20	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0	25	0
PL-21	<i>Gaultheria myrsinoids</i>	0	25	0
PL-22	<i>Galium corymbosum</i>	1	25	0.04
PL-23	<i>Ranunculus peruanus</i>	1	25	0.04
PL-24	<i>Chaptalia sp.</i>	0	25	0
PL-25	<i>Adiantum sp.</i>	0	25	0
PL-26	<i>Minthostachys mollis</i>	0	25	0
PL-27	<i>Cyperus sp.</i>	0	25	0
PL-28	<i>Baitsia diffusa</i>	0	25	0
PL-29	<i>Trifolium repens</i>	1	25	0.04
PL-30	<i>Rumex acetosella</i>	0	25	0
PL-31	<i>Castilleja arvensis</i>	0	25	0
PL-32	<i>Bomarea dulcis</i>	0	25	0

Código	Nombre Científico	Nº cuadrados en los que domina la especie	Nº Total de cuadrados	Resultados
PL-33	<i>Setaria verticillata</i>	1	25	0.04
PL-34	<i>Achiroclyne alata</i>	0	25	0
PL-35	<i>Bomarea sp.</i>	0	25	0
PL-36	<i>Cestrum tometossum</i>	0	25	0
PL-37	<i>Baccharis latifolia</i>	0	25	0
PL-38	<i>Elematis sp.</i>	0	25	0
PL-39	<i>Baccharis alaternoides</i>	0	25	0
PL-40	<i>Alonsoa meridionalis</i>	0	25	0
PL-41	<i>Salanum americanum</i>	0	25	0
PL-42	<i>Cranichis ciliata</i>	0	25	0
PL-43	<i>Cortaderia nitida</i>	1	25	0.04
PL-44	<i>Equisetum boyotense</i>	1	25	0.04
PL-45	<i>Tholobium pubescens</i>	0	25	0
PL-46	<i>Passiflora mixta</i>	0	25	0
PL-47	<i>Monactis flaverioides</i>	0	25	0
PL-48	<i>Piper barbatum</i>	1	25	0.04
PL-49	<i>Myrsine sessiliflora</i>	0	25	0

Nota: PL = Planta

DOMINANCIA DE UNA ESPECIE

Código	Nombre Científico	Densidad de una especie	Promedio de dominancia de la especie	Resultados
PL-1	<i>Lupinus sp.</i>	0.80	0	0
PL-2	<i>Ageratina exsertovenosa</i>	0.36	0	0
PL-3	<i>Rubus pavonii</i>	1.20	0	0
PL-4	<i>Cortaderia sp.</i>	2.84	0.08	0.22
PL-5	<i>Paspalum tuberosum</i>	20.44	0.32	6.54
PL-6	<i>Adiantaceae sp. A.</i>	1.16	0	0
PL-7	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	1.92	0	0
PL-8	<i>Eleocharis sp.</i>	4.08	0.04	0.16
PL-9	<i>Canex bonplandii</i>	1.40	0.04	0.05
PL-10	<i>Bidens pilosa</i>	2	0	0
PL-11	<i>Bidens triplinervia</i>	1.60	0	0
PL-12	<i>Hypericum silenoides</i>	2.08	0	0
PL-13	<i>Pennisetum clandestinum</i>	20.04	0.24	4.80
PL-14	<i>Ageratina adenophylla</i>	1.12	0	0
PL-15	<i>Monnina conferta</i>	0.12	0	0
PL-16	<i>Tagetes minutiflora</i>	0.40	0	0
PL-17	<i>Bainadesia dombeyana</i>	0.12	0	0
PL-18	<i>Berberis jelskiana</i>	0.12	0	0
PL-19	<i>Mikania sp.</i>	0.36	0	0
PL-20	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0.16	0	0
PL-21	<i>Gaultheria myrsinoids</i>	1	0	0
PL-22	<i>Galium corymbosum</i>	1.36	0.04	0.05
PL-23	<i>Ranunculus peruanus</i>	1.20	0.04	0.04
PL-24	<i>Chaptalia sp.</i>	1.04	0	0
PL-25	<i>Adiantum sp.</i>	0.12	0	0
PL-26	<i>Minthostachys mollis</i>	0.44	0	0
PL-27	<i>Cyperus sp.</i>	0.72	0	0
PL-28	<i>Baitsia diffusa</i>	0.48	0	0
PL-29	<i>Trifolium repens</i>	7.80	0.04	0.31
PL-30	<i>Rumex acetosella</i>	0.24	0	0
PL-31	<i>Castilleja arvensis</i>	0.20	0	0
PL-32	<i>Bomarea dulcis</i>	0.12	0	0
PL-33	<i>Setaria verticillata</i>	1.32	0.04	0.05
PL-34	<i>Achiroclyne alata</i>	0.16	0	0

Código	Nombre Científico	Densidad de una especie	Promedio de dominancia de la especie	Resultados
PL-35	<i>Bomarea sp.</i>	0.2	0	0
PL-36	<i>Cestrum tometossum</i>	0.16	0	0
PL-37	<i>Baccharis latifolia</i>	0.48	0	0
PL-38	<i>Elematis sp.</i>	0.12	0	0
PL-39	<i>Baccharis alaternoides</i>	0.08	0	0
PL-40	<i>Alonsoa meridionalis</i>	0.24	0	0
PL-41	<i>Salanum americanum</i>	0.12	0	0
PL-42	<i>Cranichis ciliata</i>	0.08	0	0
PL-43	<i>Cortaderia nitida</i>	0.76	0.04	0.03
PL-44	<i>Equisetum boyotense</i>	1.12	0.04	0.04
PL-45	<i>Tholobium pubescens</i>	0.12	0	0
PL-46	<i>Passiflora mixta</i>	0.12	0	0
PL-47	<i>Monactis flaverioides</i>	0.2	0	0
PL-48	<i>Piper barbatum</i>	0.24	0.04	0.09
PL-49	<i>Myrsine sessiliflora</i>	0.16	0	0

Nota: PL = Planta

DOMINANCIA RELATIVA

Código	Nombre Científico	Dominancia de una especie	sumatoria de dominancia	*100	Dominancia Relativa
PL-1	<i>Lupinus sp.</i>	0	12.34	100	0
PL-2	<i>Ageratina exsertovenosa</i>	0	12.34	100	0
PL-3	<i>Rubus pavonii</i>	0	12.34	100	0
PL-4	<i>Cortaderia sp.</i>	0.22	12.34	100	1.83
PL-5	<i>Paspalum tuberosum</i>	6.54	12.34	100	52.96
PL-6	<i>Adiantaceae sp. A.</i>	0	12.34	100	0
PL-7	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	0	12.34	100	0
PL-8	<i>Eleocharis sp.</i>	0.16	12.34	100	1.32
PL-9	<i>Canex bonplandii</i>	0.05	12.34	100	0.45
PL-10	<i>Bidens pilosa</i>	0	12.34	100	0
PL-11	<i>Bidens triplinervia</i>	0	12.34	100	0
PL-12	<i>Hypericum silenoides</i>	0	12.34	100	0
PL-13	<i>Pennisetum clandestinum</i>	4.80	12.34	100	38.94
PL-14	<i>Ageratina adenophylla</i>	0	12.34	100	0
PL-15	<i>Monnina conferta</i>	0	12.34	100	0
PL-16	<i>Tagetes minutiflora</i>	0	12.34	100	0
PL-17	<i>Bainadesia dombeyana</i>	0	12.34	100	0
PL-18	<i>Berberis jelskiana</i>	0	12.34	100	0
PL-19	<i>Mikania sp.</i>	0	12.34	100	0
PL-20	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0	12.34	100	0
PL-21	<i>Gaultheria myrsinoids</i>	0	12.34	100	0
PL-22	<i>Galium corymbosum</i>	0.05	12.34	100	0.44
PL-23	<i>Ranunculus peruanus</i>	0.05	12.34	100	0.38
PL-24	<i>Chaptalia sp.</i>	0	12.34	100	0
PL-25	<i>Adiantum sp.</i>	0	12.34	100	0
PL-26	<i>Minthostachys mollis</i>	0	12.34	100	0
PL-27	<i>Cyperus sp.</i>	0	12.34	100	0
PL-28	<i>Baitsia diffusa</i>	0	12.34	100	0
PL-29	<i>Trifolium repens</i>	0.31	12.34	100	2.52
PL-30	<i>Rumex acetosella</i>	0	12.34	100	0
PL-31	<i>Castilleja arvensis</i>	0	12.34	100	0
PL-32	<i>Bomarea dulcis</i>	0	12.34	100	0

Código	Nombre Científico	Dominancia de una especie	sumatoria de dominancia	*100	Dominancia Relativa
PL-33	<i>Setaria verticillata</i>	0.05	12.34	100	0.42
PL-34	<i>Achiroclyne alata</i>	0	12.34	100	0
PL-35	<i>Bomarea sp.</i>	0	12.34	100	0
PL-36	<i>Cestrum tometossum</i>	0	12.34	100	0
PL-37	<i>Baccharis latifolia</i>	0	12.34	100	0
PL-38	<i>Elematis sp.</i>	0	12.34	100	0
PL-39	<i>Baccharis alaternoides</i>	0	12.34	100	0
PL-40	<i>Alonsoa meridionalis</i>	0	12.34	100	0
PL-41	<i>Salanum americanum</i>	0	12.34	100	0
PL-42	<i>Cranichis ciliata</i>	0	12.34	100	0
PL-43	<i>Cortaderia nitida</i>	0.03	12.34	100	0.24
PL-44	<i>Equisetum boyotense</i>	0.04	12.34	100	0.36
PL-45	<i>Tholobium pubescens</i>	0	12.34	100	0
PL-46	<i>Passiflora mixta</i>	0	12.34	100	0
PL-47	<i>Monactis flaverioides</i>	0	12.34	100	0
PL-48	<i>Piper barbatum</i>	0.09	12.34	100	0.07
PL-49	<i>Myrsine sessiliflora</i>	0	12.34	100	0

Nota: PL = Planta

VALOR DE IMPORTANCIA DE UNA ESPECIE

Código	Nombre Científico	Densidad Relativa	Dominancia Relativa	Frecuencia Relativa	Resultados
PL-1	<i>Lupinus sp.</i>	0.96	0	3.57	4.53
PL-2	<i>Ageratina exsertovenosa</i>	0.43	0	2.55	2.98
PL-3	<i>Rubus pavonii</i>	1.45	0	5.10	6.55
PL-4	<i>Cortaderia sp.</i>	3.43	1.83	6.12	11.39
PL-5	<i>Paspalum tuberosum</i>	24.70	52.96	10.20	87.88
PL-6	<i>Adiantaceae sp. A.</i>	1.40	0	2.55	3.95
PL-7	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	2.32	0	3.06	5.38

Código	Nombre Científico	Densidad Relativa	Dominancia Relativa	Frecuencia Relativa	Resultados
PL-8	<i>Eleocharis sp.</i>	4.93	1.32	0.51	6.76
PL-9	<i>Canex bonplandii</i>	1.69	0.45	0.51	2.65
PL-10	<i>Bidens pilosa</i>	2.41	0	4.08	6.49
PL-11	<i>Bidens triplinervia</i>	1.93	0	3.06	4.99
PL-12	<i>Hypericum silenoides</i>	2.51	0	4.08	6.59
PL-13	<i>Pennisetum clandestinum</i>	24.22	38.94	5.10	68.27
PL-14	<i>Ageratina adenophylla</i>	1.35	0	3.57	4.92
PL-15	<i>Monnina conferta</i>	0.14	0	0.51	0.65
PL-16	<i>Tagetes minutiflora</i>	0.48	0	1.53	2.01
PL-17	<i>Bainadesia dombeyana</i>	0.14	0	0.51	0.65
PL-18	<i>Berberis jelskiana</i>	0.14	0	0.51	0.65
PL-19	<i>Mikania sp.</i>	0.43	0	1.53	1.96
PL-20	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	0.19	0	1.02	1.21
PL-21	<i>Gaultheria myrsinoids</i>	1.20	0	1.53	2.73
PL-22	<i>Galium corymbosum</i>	1.64	0.44	2.55	4.63
PL-23	<i>Ranunculus peruanus</i>	1.45	0.38	2.04	3.88
PL-24	<i>Chaptalia sp.</i>	1.25	0	2.55	3.80
PL-25	<i>Adiantum sp.</i>	0.14	0	0.51	0.65
PL-26	<i>Minthostachys mollis</i>	0.53	0	2.04	2.57
PL-27	<i>Cyperus sp.</i>	0.87	0	1.02	1.89
PL-28	<i>Baitsia diffusa</i>	0.58	0	1.02	1.60
PL-29	<i>Trifolium repens</i>	9.42	2.52	4.59	16.54

Código	Nombre Científico	Densidad Relativa	Dominancia Relativa	Frecuencia Relativa	Resultados
PL-30	<i>Rumex acetosella</i>	0.29	0	0.51	0.80
PL-31	<i>Castilleja arvensis</i>	0.24	0	1.02	1.26
PL-32	<i>Bomarea dulcis</i>	0.14	0	1.02	1.16
PL-33	<i>Setaria verticillata</i>	1.59	0.42	1.53	3.55
PL-34	<i>Achiroclyne alata</i>	0.19	0	1.02	1.21
PL-35	<i>Bomarea sp.</i>	0.24	0	1.02	1.26
PL-36	<i>Cestrum tomentosum</i>	0.19	0	1.02	1.21
PL-37	<i>Baccharis latifolia</i>	0.58	0	3.57	4.15
PL-38	<i>Elemtis sp.</i>	0.14	0	1.02	1.16
PL-39	<i>Baccharis alaternoides</i>	0.09	0	1.02	1.11
PL-40	<i>Alonsoa meridionalis</i>	0.29	0	1.02	1.31
PL-41	<i>Salanum americanum</i>	0.14	0	1.02	1.16
PL-42	<i>Cranichis ciliata</i>	0.09	0	0.51	0.60
PL-43	<i>Cortaderia nitida</i>	0.91	0.24	1.53	2.69
PL-44	<i>Equisetum boyotense</i>	1.35	0.36	1.02	2.73
PL-45	<i>Tholobium pubescens</i>	0.14	0	0.51	0.65
PL-46	<i>Passiflora mixta</i>	0.14	0	0.51	0.65
PL-47	<i>Monactis flaverioides</i>	0.24	0	2.04	2.28
PL-48	<i>Piper barbatum</i>	0.29	0.07	1.02	1.38
PL-49	<i>Myrsine sessiliflora</i>	0.19	0	0.51	0.70

ANEXO N° 33. Tablas de cálculo para determinar la correlación lineal.

CORRELACIÓN LINEAL

Parámetro	Unidad	Promedio de	Promedio de	Promedio de	
		Promedio de concentración de metales en el suelo	concentración de metales en el <i>Paspalum tuberosum</i>	concentración de metales en el <i>Pennisetum clandestinum</i>	concentración de metales en el <i>Trifolium repens</i>
Plata (Ag)	mg/kg	52.01	30.84	35.33	4.24
Aluminio (Al)	mg/kg	2096.1	158.90	239.35	46.13
Arsénico (As)	mg/kg	275.72	22.32	13.61	3.76
Cobre (Cu)	mg/kg	111.41	20.45	27.19	13.33
Hierro (Fe)	mg/kg	39684.26	3158.75	2281.25	132.79
Plomo (Pb)	mg/kg	1783.93	364.74	221.21	9.37
Antimonio (Sb)	mg/kg	181.88	22.13	12.24	7.29
Zinc (Zn)	mg/kg	1289.9	401.32	445.04	199.35

- Coeficiente de correlación del promedio de concentración de metales en el suelo con el Promedio de concentración de metales en el *Paspalum tuberosum* 0.994.
- Coeficiente de correlación del promedio de concentración de metales en el suelo con el Promedio de concentración de metales en el *Pennisetum clandestinum* 0.987.
- Coeficiente de correlación del promedio de concentración de metales en el suelo con el Promedio de concentración de metales en el *Trifolium repens* 0.460.