

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“Evaluación de la fitoextracción con gramíneas perennes en un
suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco
2025”**

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

AUTOR: Aguirre Villanueva, Wilver Antonio

ASESOR: Gamez Penadillo, Joel

HUÁNUCO – PERÚ

2025

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73357300

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 23018222

Grado/Título: Maestro en ciencias económicas, mención: proyectos de inversión

Código ORCID: 0000-0003-4228-565X

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Vasquez Baca, Yasser	Título oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental	42108318	0000-0002-7136-697X
3	Romero Estacio, Jorge Antonio	Maestro en gestión pública para el desarrollo social	22520481	0009-0000-2063-4076



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:30 horas del día 23 del mes de octubre del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Yasser Vasquez Baca (Secretario)
- Mg. Jorge Antonio Romero Estacio (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2244-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DEGRADADO (BOTADERO HUIHCA) DISTRITO DE HUÁCAR, HUÁNUCO 2025"**, presentado por el (la) Bach. **WILVER ANTONIO AGUIRRE VILLANUEVA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47)

Siendo las 19:05 horas del día 22 del mes de OCTUBRE del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Mg. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente


Mg. Yasser Vasquez Baca
DNI: 42108318
ORCID: 0000-0002-7136-697X
Secretario


Mg. Jorge Antonio Romero Estacio
DNI: 22520481
ORCID: 0009-0000-2063-4076
Vocal



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: WILVER ANTONIO AGUIRRE VILLANUEVA, de la investigación titulada "EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DEGRADADO (BOTADERO HUIHCA) DISTRITO DE HUÁCAR, HUÁNUCO 2025", con asesor(a) JOEL GAMEZ PENADILLO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1005-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

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

Huánuco, 11 de septiembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

102. Aguirre Villanueva, Wilver Antonio.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	20 %	12 %	6 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	4 %
2	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	1 %
3	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	oldri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1 %



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Wilver Raúl Aguirre Chávez y Etelvina Villanueva Quiroz, por el apoyo que me brindaron durante todos estos años de la carrera, de esta manera pude lograr uno de mis más grandes objetivos personales.

A mis hermanos César Augusto Aguirre Villanueva y Cristhian Williams Aguirre Villanueva, esta investigación también es para ellos, porque gracias a su apoyo he logrado culminar la carrera profesional, y con la presente tesis.

AGRADECIMIENTO

Gracias infinitas a mis padres Wilver Raúl Aguirre Chávez y Etelvina Villanueva Quiroz, por su cariño inigualable. Siendo el principal pilar en este logro. También agradezco a mis abuelos y hermanos quienes me alienta y apoyan en los momentos difíciles, por lo que, agradezco su apoyo que suman en los momentos difíciles. Por lo que, sin su cariño y su apoyo la culminación de esta etapa no podría haber sido posible.

Finalmente, agradezco a los ingenieros y demás personas que se tomaron el tiempo para revisar mi trabajo.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	II
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	16
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA.....	16
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. ANTECEDENTES.....	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	19
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	20
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	22
2.2. BASES TEORICAS.....	23
2.2.1. SUELO.....	23
2.2.2. CONTAMINACIÓN DEL SUELO.....	24

2.2.3. CAUSA DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO	24
2.2.4. ÁREAS DEGRADADAS POR RESIDUOS SÓLIDOS (ADRS).....	25
2.2.5. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS BOTADEROS EN EL PERÚ	27
2.2.6. NORMATIVA PERUANA QUE REGULA LA CALIDAD DEL SUELO Y LAS ÁREAS DEGRADADAS POR RESIDUOS SOLIDOS	28
2.2.7. MARCO INSTITUCIONAL PARA EL USO SOSTENIBLE Y RECUPERACIÓN DE SUELOS EN EL PERÚ	30
2.2.8. METALES PESADOS.....	31
2.2.8.2. METALES PESADOS EN SUELOS	31
2.2.8.3. EFECTOS DE LOS METALES PESADOS	32
2.2.9. COMPORTAMIENTO DE LOS METALES EN EL SISTEMA SUELO- PLANTA	32
2.2.10. PASTOS GRAMÍNEOS POACEAE	33
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	38
2.4. HIPOTESIS	39
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	39
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS	39
2.5. VARIABLES.....	40
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	40
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	40
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	41
CAPÍTULO III.....	43
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	43
3.1.1. ENFOQUE.....	43
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	43
3.1.3. DISEÑO.....	43
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	45
3.2.1. POBLACIÓN.....	45
3.2.2. MUESTRA.....	45
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	46
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	46
3.3.2. ETAPA DE CAMPO.....	46

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	47
3.4.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	47
3.4.2. TÉCNICAS DE PRESENTACIÓN DE DATOS.....	47
3.4.3. INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS.....	47
3.5. ÁMBITO GEOGRÁFICO TEMPORAL Y PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.5.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO.....	47
3.5.2 PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN	48
CAPÍTULO IV	49
RESULTADOS	49
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	49
4.1.1. RESULTADOS DEL ANALISIS DE METALES EPSADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y DE LAS GRAMÍNEAS	49
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	62
4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL	64
4.2.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA	64
CAPÍTULO V	67
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	67
5.1. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA EVALUADOS EN LOS PUNTOS DE MONITOREO (AN-01-P1, AN-01-P2 Y AN-01-P3).....	67
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Síntesis del marco normativo del Perú sobre el suelo sobre calidad de suelos y gestión de residuos en Perú	29
Tabla 2 Concentración de metales pesados de acuerdo al eca para suelo – D.S. N° 001-2017 MINAM	30
Tabla 4 Taxonomía de las gramíneas poaceae	34
Tabla 5 Operacionalización de variables del proyecto de investigación titulado: evaluación de la fitoextracción con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025	41
Tabla 6 Diseño del experimento	44
Tabla 7 Número de muestras de suelo y pasto obtenidos para el estudio ...	45
Tabla 8 Número de muestras de gramíneas obtenidos para el estudio	45
Tabla 9 Profundidad del muestreo según el uso del suelo	47
Tabla 10 Ubicación donde se realizó la investigación	48
Tabla 11 Resultados del análisis del cadmio (cd) en las muestras de suelo	50
Tabla 12 Resultados del análisis del plomo (pb) en las muestras de suelo..	52
Tabla 13 Resultados del análisis del cadmio (cd) en las muestras de las gramíneas.....	54
Tabla 14 Resultados del análisis del plomo (pb) en las muestras de las gramíneas.....	56
Tabla 15 Porcentaje de fitoextracción del cadmio en las gramíneas en comparación al valor inicial de cadmio en el suelo	58
Tabla 16 Porcentaje de fitoextracción del plomo en las gramíneas en comparación al valor inicial de plomo en el suelo	60
Tabla 17 Prueba de normalidad en las mediciones usando la prueba de Shapiro-Wilk	62
Tabla 18 Prueba de Kolmogorov–Smirnov de los parámetros de estudio	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Cyperus simplex</i> gramíneas perenne a estudiar	35
Figura 2 <i>Philoglossa minuloides</i> gramíneas perenne a estudiar	35
Figura 3 <i>Geratina azangaroensis</i> gramíneas perenne a estudiar	36
Figura 4 Puntos referenciales establecidos para la recolección de muestras de suelo y gramínea	44
Figura 5 Flujograma de las etapas de campo de la investigación	46
Figura 6 Promedio del cadmio disponible en las muestras de suelo, en comparación con el eca – suelo.....	51
Figura 7 Promedio del cadmio disponible en las muestras de suelo, en comparación con el eca – suelo.....	53
Figura 8 Concentración de cadmio disponible en las muestras de gramíneas	55
Figura 9 Concentración de plomo disponible en las muestras de gramíneas	57
Figura 10 Porcentaje de fitoextracción de cadmio en las gramíneas	59
Figura 11 Porcentaje de fitoextracción de plomo en las gramíneas	61

RESUMEN

El objetivo general de la investigación fue Evaluar el nivel de fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb) con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025. La metodología de la tesis fue de observacional, prospectivo, transversal y analítico; de enfoque mixto, de alcance relacional y de diseño no experimental. Por ello la población de estudio fue el área total del botadero Huishca, hasta 20 m alrededor del mismo se estableció nueve puntos de muestreo en 3 niveles (obteniéndose 3 muestras de plantas y suelo por nivel). Las mismas fueron enviadas a laboratorio para el análisis respectivo de acuerdo a las variables de estudio. Los resultados de significancia (SIG.) de la prueba no paramétrica (Prueba de Kruskal – Wallis) fueron (0.370 y 0.224) correspondientes al Cd suelo y Pb suelo, siendo estos mayores a 0.05 por lo que tienen una distribución normal, así mismo los valores de significancia (SIG.) para Cd Planta y Pb Planta fueron (0.002 y 0.009) siendo estos datos menores a 0.05 por lo que tienen una distribución anormal, por lo que toco realizar la prueba no paramétrica de (Kolmogorov–Smirnov) la misma que brindo los siguientes resultados, se indica que el valor de Sig. (Significancia) para Pb es (0.336) > a 0.05 por lo que no existe diferencia estadística significativa al 5 %, entre los puntos de muestreo (suelo y gramíneas), por lo que se refiere que la distribución de Pb es la misma entre las categorías de fuente; Por otro lado, valor de Sig. para Cd es (0.037) es menor a 0.05 por lo que no existe diferencia estadística significativa al 5 %, entre los puntos de muestreo (suelo y gramíneas), por lo que se refiere que la distribución de Cd no es la misma entre las categorías de fuente Por lo que cabe recalcar que ello es de acuerdo a la prueba no paramétrica realizada de (Kolmogorov–Smirnov) tabla 18. Asi mismo la gramínea que presento mejores resultados en el % de fitoextracción de plomo con 283.98% y cadmio con 180.65 % fue la Marmaquilla (*Ageratina azangaroensis*). Se concluye que las gramíneas perennes analizados muestran distintos porcentajes de fitoextracción de (Cd y Pb) del suelo degradado.

Palabras clave: Botadero, Fitoextracción, Metales pesados, Suelo, Gramíneas.

ABSTRACT

The general objective of the research was to evaluate the level of phytoextraction of heavy metals (Cd and Pb) with perennial grasses in a degraded soil (Huishca dump) district of Huácar, Huánuco 2025. The methodology of the thesis was observational, prospective, transversal and analytical; mixed approach, relational scope and non-experimental design. Therefore, the study population was the total area of the Huishca dump, up to 20 m around it, nine sampling points were established on 3 levels (obtaining 3 samples of plants and soil per level). They were sent to the laboratory for the respective analysis according to the study variables. The significance results (SIG.) of the non-parametric test (Kruskal – Wallis test) were (0.370 and 0.224) corresponding to soil Cd and soil Pb, these being greater than 0.05 so they have a normal distribution, likewise the significance values (SIG.) for Plant Cd and Plant Pb were (0.002 and 0.009) with these data being less than 0.05 for which have an abnormal distribution, so I had to perform the non-parametric (Kolmogorov–Smirnov) test, which provided the following results, indicating that the value of Sig. (Significance) for Pb is (0.336) > 0.05, so there is no significant statistical difference at 5%, between the sampling points (soil and grasses), which means that the distribution of Pb is the same between the categories of fountain; On the other hand, the Sig. value for Cd is (0.037) and is less than 0.05, so there is no significant statistical difference at the 5% level, between the sampling points (soil and grasses), which means that the distribution of Cd is not the same between the source categories. Therefore, it should be emphasized that this is according to the non-parametric test carried out by (Kolmogorov–Smirnov) table 18. Likewise, the The grass that presented the best results in % phytoextraction of lead with 283.98% and cadmium with 180.65% was Marmaquilla (*Ageratina azangaroensis*). It is concluded that the perennial grasses analyzed show different percentages of phytoextraction of (Cd and Pb) from the degraded soil.

Keywords: Dump, Phytoextraction; Heavy metals, Soil, Grasses.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: Evaluación de la fitoextracción con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025. Considero las siguientes causales: La actividad antrópica es el mayor causante de la degradación del suelo en el Mundo, por lo que transformo los suelos a tal punto que logro disminuir su fertilidad y calidad (Novillo, 2019). El proceso de degradación química que disminuye la fertilidad y calidad del suelo se le conoce como contaminación de suelo. Siendo ello a causa de la actividad antrópica, como procesos industriales, actividad agrícola insostenible, minería, mal manejo de los residuos sólidos (FAO y PNUMA, 2022).

Una de las grandes amenazas a nivel mundial para la fertilidad y para la capacidad de proporción de los sus servicios ecosistémicos, es la contaminación del suelo. Por lo que en el 2017 en la asamblea de las acciones unidad para el medio ambiente, hizo un llamado mundial para la gestión de la contaminación de los suelos con la finalidad de lograr un desarrollo sostenible (FAO y PNUMA, 2022). La acumulación de basura en la superficie (áreas públicas, naturales – vertederos y zonas industriales) o el enterramiento de los mismos, genera contaminación del suelo en distintos grados y con distintos contaminantes (Juste, 2017).

En Perú, poco más del 40% de los residuos sólidos son dispuestos en botaderos clandestinos, y sus lixiviados generados por su descomposición son oscuros y con olor desagradable, siendo altamente tóxicos y perjudiciales para el ambiente y la salud pública (Innova Ambiental, 2018). Así mismo otro riesgo crítico para la salud pública y el medio ambiente, se basa en la acumulación de metales pesados en el suelo, ya que estos pueden ser absorbidos por las plantas (Rueda et al, 2011). Citado por Tantalean, E. (2017).

En la actualidad existen muchas áreas degradadas por residuos sólidos (botaderos) en todo el Perú, por lo que es necesario realizar estudios que evalúen las condiciones de dichas áreas, así como la evaluación de los niveles de concentraciones de metales pesados que presentan estas áreas en el

suelo y en la flora existente en el lugar, con ello poder plantear en mejor medida su recuperación de estos botaderos.

Por lo que este estudio es importante ya que se evaluó hasta cuantos metros de perímetro influye un botadero en la concentración de metales pesados y con ello poder delimitar eficientemente el área comprometida para su posterior recuperación. Por tanto, la tesis presenta como objetivo general Evaluar el nivel de fitoextracción de (Cd y Pb) con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.

Los resultados hallados en la presente investigación se presentan en el capítulo 4, siendo dichos resultados los siguientes: Los niveles más altos de la fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb) por las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) fueron los siguientes: Siso menudo (gramínea perenne 1) tuvo un porcentaje de fitoextracción de 35.71 % para (Cd) y 151.35% para (Pb); Papiro o junco (gramínea perenne 2) tuvo un porcentaje de fitoextracción de 95.00 % para (Cd) y 136.76% para (Pb); Marmaquilla (gramínea perenne 3) tuvo un porcentaje de fitoextracción de 180.65 % para (Cd) y 283.98% para (Pb). Así mismo los valores promedios de los metales pesados presentes en el suelo degradado (botadero Huishca) por nivel fueron: Promedio del nivel 1 del Cd (0.022 ppm) y Pb (0.174 ppm); Promedio del nivel 2 (Nivel 2: de 0 a 10 metros del botadero) del Cd (0.029 ppm) y Pb (0.180 ppm); Promedio del nivel 3 (Nivel 3: de 15 a 20 metros del botadero) del Cd (0.020 ppm) y Pb (0.129 ppm).

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La degradación de los suelos, a causa de la actividad antrópica, en la actualidad es uno de los problemas críticos a nivel mundial, por lo que a consecuencia los suelos se presentan degradados y contaminados, con una deficiente calidad y baja capacidad de brindar sus servicios ecosistémicos (Novillo, 2019). La alteración química de la superficie terrestre, y que estas representen una amenaza para la vida existente y para la salud pública, se le conoce como contaminación del suelo (Juste, 2017). Al enterrar los residuos y/o sustancias tóxicas bajo el suelo. Conllevan a la contaminación de las aguas subterráneas, que son utilizadas, para el consumo y riego de sembríos por lo que a través de la cadena trófica acaban intoxicando a la población. La acumulación de basura en la superficie (áreas públicas, naturales – vertederos y zonas industriales) o el enterramiento de los mismos, genera contaminación del suelo en distintos grados y con distintos contaminantes (Juste, 2017).

Un botadero existe al margen de la ley por lo que no cuentan con ninguna autorización, ya que presenta depósitos inapropiados de residuos sólidos en los espacios públicos, rurales, baldías urbanas y naturales que representan un riesgo ambiental y sanitario (MINAM, 2017). A nivel mundial distintos países no cuentan con un tratamiento adecuado de los residuos sólidos. Entre ellos en Latinoamérica se agrava dicha problemática ya que el 50% de los residuos generados son depositados en botaderos al aire libre, teniendo consecuencias graves como la proliferación de vectores, contaminación ambiental y riesgo de enfermedades en las poblaciones cercanas a estos botaderos (Innova Ambiental, 2018).

En Perú, poco más del 40% de los residuos sólidos son dispuestos en botaderos clandestinos, y sus lixiviados generados por su descomposición son oscuros y con olor desagradable, siendo altamente tóxicos y perjudiciales para el ambiente y la salud pública (Innova Ambiental, 2018). Así mismo otro riesgo crítico para la salud pública y el medio ambiente, se basa en la

acumulación de metales pesados en el suelo, ya que estos pueden ser absorbidos por las plantas (Rueda et al, 2011). Citado por Tantalean, E. (2017).

La acumulación de metales pesados en el agua, suelo, tejidos vegetales constituyen un riesgo para el medio ambiente y la salud pública ya que en este último genera enfermedades cancerígenas, hepáticas y renales. Así mismo se indica que la acumulación de los metales pesados se relaciona con el uso excesivo de agroquímicos, actividades industriales y la disposición inadecuada de los residuos sólidos en botaderos a cielo abierto (Mendoza, et al., 2021).

En una investigación del 2018 a 2020, realizada a 150 personas de las comunidades indígenas, cerca al proyecto minero Antapaccay Expansión Tintaya, donde recolectaron muestras de orina y sangre de las 150 personas voluntarias de las comunidades, de ellas 117 personas 78% presentaron altas concentraciones de metales por encima de los valores de referencia, lo cual pone en peligro su salud (Amnistía Internacional, 2021).

Amnistía Internacional (2021) refiere que existe la evidencia necesaria de los daños a la salud a causa de la exposición a distintos metales pesados como (Arsénico, mercurio, plomo y cadmio) ya que dichos metales son altamente tóxicos para la salud. Refiriendo lo siguiente: Que, si encuentra niveles altos de arsénico en su organismo, pueden generar náuseas, vómitos y ritmo cardíaco anormal; si se presentan niveles altos de cadmio, pueden producir enfermedad renal, daños de pulmón y fragilidad de los huesos. Si presentan plomo en niveles altos, esto puede generar, daño de riñones, daño cerebral, presión alta, anemia, debilidad en los huesos y daños en casi todos los órganos y sistema del cuerpo. Y si presentan mercurio en niveles altos puede ser tóxico para el sistema nervioso, la piel, los pulmones, riñones y ojos. Y en cuanto al mercurio genera distintos problemas graves de salud.

Abanto, et al. (2014) señala que la contaminación de suelos especialmente con residuos sólidos y químicos ha generado abundante daño en el suelo de Huánuco. También los que contaminan el suelo dañándolo son los botaderos de residuos sólidos, generalmente estos espacios se abandonan la basura sin separarla y no tiene un tratamiento adecuado, no se controla sanitariamente, esto causa efectos negativos al suelo del cual ponemos en

riesgo los alimentos que comemos y por ende nuestra salud. Por lo que en la ciudad de Huánuco con el botadero de Chilepampa, actualmente en funcionamiento.

De acuerdo a la normativa ambiental D.S. N.° 01 – 2022 – MINAM; los botaderos son considerados áreas degradadas por residuos sólidos – ADRS, por lo que se tienen que recuperar o rehabilitar de acuerdo a la categorización dada por el OEFA (organismo de evaluación y Fiscalización Ambiental). Cabe indicar que dicha normativa solamente considera la recuperación o rehabilitación del área directa del botadero (área donde se dispuso o dispone residuos sólidos).

- Por lo que el estudio es importante ya que estudio hasta que nivel según lo establecido influye el botadero Huishca en la concentración de metales pesados en el suelo y pasto existentes en el lugar y con ello poder delimitar eficientemente el área comprometida para su posterior recuperación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál será el nivel de fitoextracción con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Los metales pesados (Cd y Pb) se encontrarán presentes en el suelo degradado del botadero Huishca, distrito de Huácar, Huánuco 2025?
- ¿Cuáles serán las gramíneas perennes en el suelo degradado del botadero Huishca, distrito de Huácar, Huánuco 2025?
- ¿Cuáles serán los porcentajes de fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb) de las gramíneas perennes en el suelo degradado del botadero Huishca, distrito de Huácar, Huánuco 2025?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el nivel de fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb) con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si los metales pesados (Cd y Pb) se encuentran presentes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.
- Determinar las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.
- Determinar los porcentajes de fito extracción de metales pesados de las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El proyecto de investigación fue de diseño transversal – Descriptivo, por lo que la investigación generó datos sobre la concentración de metales pesados en el suelo y gramínea (pasto) de un área degradada por residuos sólidos (botadero Huishca) beneficiando con dichos datos a las próximas investigaciones. Así como para un mejor planteamiento de la recuperación de áreas degradadas por residuos sólidos (botaderos) a nivel local.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

En la actualidad existen muchas áreas degradadas por residuos sólidos (botaderos) a nivel local y nacional, por lo que es necesario realizar estudios que evalúen las condiciones de dichas áreas, así como la evaluación de los niveles de concentraciones de metales pesados que presentan estas áreas en el suelo y en la flora existente en el lugar, con

ello poder plantear en mejor medida su recuperación de estos botaderos (ADRS – Áreas degradadas por residuos sólidos).

Por lo que este estudio es importante ya que estudio hasta cuantos metros de perímetro influye un botadero en la concentración de metales pesados y con ello poder delimitar eficientemente el área comprometida para su posterior recuperación.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La metodología que se usó en la etapa de campo consto de delimitar el perímetro del ADRS, y los niveles (N1: 0 metros, N2: 0 a 10 metros y N3: 15 a 20 metros) establecidos para el estudio tal como indica la figura 1 y tabla 2. Así mismo se realizó el muestreo de suelo y gramínea (pasto) existente en el área de estudio, los mismo que fueron analizados en laboratorio. Por lo tanto, se planteó una metodología practica y de fácil aplicación.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Los costos del análisis de laboratorio en cuanto a la concentración de metales pesados en el suelo y pasto. Por tanto, se puntualizó y se redujo a 3 muestras por nivel y nueve muestras en total, para suelo y gramínea (pasto) analizadas.
- El acceso al área de estudio, solo se pudo realizar con previas coordinaciones y tras la autorización de la municipalidad distrital de Huácar.
- El tiempo con la que se contó para la ejecución de la investigación fueron limitados, así como para las visitas a la ubicación del área de estudio que está a dos horas aproximadamente de la ciudad de Huánuco.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Para la viabilidad de la investigación se considera lo siguiente:

1.6.1. AMBIENTAL

Se priorizo el estudio de la problemática de la contaminación del suelo mediante la disposición final de residuos sólidos en botaderos

(áreas degradadas por residuos sólidos municipales) así como la contaminación del suelo por la acumulación de metales pesados.

1.6.2. OPERATIVA

La investigación se muestra viable operativamente, ya que se contó con los recursos necesarios como; movilidad, personal de apoyo y materiales requeridos, la misma que conllevó a culminar la investigación.

1.6.3. TÉCNICA

La investigación fue viable técnicamente ya que se contó con el asesoramiento de docentes de nuestra universidad conocedores y especializados en el objeto de estudio.

1.6.4. ECONÓMICA

El costo total en la inversión y cumplimiento de la investigación fue autofinanciado, por lo que, puntualizando el número de muestras a analizar, así como los parámetros de estudio, se pudo autofinanciar la ejecución de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Mendoza, L., y Iannacone, J. (2021) en su investigación titulada Evaluación ecotóxica de suelos contaminados con residuos municipales de un botadero en Eisenia fétida. Asociación Argentina ciencia del suelo. La misma tuvo por **objetivo**: Evaluar la ecotoxicidad de los suelos con residuos municipales de un botadero. **Metodología**: La investigación fue aplicativo de diseño experimental, la misma se ejecutó en el botadero Pampa Calanguillo, del distrito de Chilca. Donde recolecto muestras de 05 puntos, considerando para ellos los puntos de escurrimiento del lixiviado. Por lo que el muestreo aplicado se realizó en consideración de la Guía de Muestreo de Suelos del Perú (MINAM, 2014). **Resultados**: Los niveles más altos en los parámetros de estudio presento las muestras de suelo del punto CA-SU-01 se localiza aguas arriba del botadero, siendo los resultados los siguientes para: pH 8.14, MO % 0.72, As 8.37, Cd 0.61., así mismo los resultados de las muestras del punto CA-SU-02 de la parte central del botadero, presento el nivel más alto para Pb 93.7. **Conclusión**: Los suelos del botadero de Pampa Calanguillo, Chilca, se presentan contaminados con presencia de metales pesados.

Salazar, et al. (2021) en su investigación titulada Movilidad de metales del suelo al pasto en la región norte de Costa Rica. La misma tuvo por **objetivo**: Medir la concentración de los metales pesados presentes en el pasto y suelo, para determinar su porcentaje de transferencia del suelo al pasto. **Metodología**: La investigación fue de tipo aplicativo, por lo que se obtuvieron muestras de suelos en una profundidad de 10 a 20 cm y del mismo lugar obtuvieron las muestras de pastos, descartando sus raíces y conservando solo el follaje de las plantas. Así mismo se eliminó la materia orgánica de las muestras de

suelo. **Resultados:** Fueron para suelo Ca 0.81 %, Mn 1.08 %, Fe 5.92 %, Cu 138 mg.kg-1, Zn 101 mg.kg-1. Para pasto: Ca 0.30 %, Mn 0.02 %, Fe 0.08 %, Cu 6 mg.kg-1, Zn 25 mg.kg-1. % de transferencia 37.04, 1.85, 1.35, 4.35, 24.75. respectivamente. **Conclusión:** Se encontró valores mayores de K en las muestras de plantas que en las muestras de suelo. Los resultados para el % de transferencia de metales del suelo al pasto fueron para Ca (37,04 %) y el Zn (24,75 %), Fe (1.35 %), Mn (1.85 %) y Cu (4.35 %).

Carrillo, M., y Solórzano, M. (2020) en su investigación titulada Evaluación de la concentración de Cd, Ni, Pb, Zn, en zonas alejadas del relleno sanitario del municipio de Taxispeque, Santa Ana, El Salvador. La misma tuvo por **objetivo:** Determinación de la acumulación de Cd, Ni, Pb, Zn, en zonas alejadas del relleno sanitario de Santa Ana. En el componente agua (superficial y subterránea), suelo para determinar sus usos potenciales de los recursos en el área de estudio. **Metodología:** La investigación fue experimental, por tanto, la planeación fue de la siguiente manera, trabajo de campo, análisis de muestras en laboratorio, interpretación de resultados. Así mismo se indago posibles contaminaciones por acumulación de residuos sólidos en el área de estudio. Por lo que las muestras obtenidas se enviaron a laboratorio para su respectivo análisis. **Resultados:** Los niveles más altos que se obtuvieron para la concentración de Cd en el suelo fue 3.4651 ppm, para plomo 15.0368. **Conclusión:** La concentración de Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc en el suelo, están por debajo de los límites normativos, considerando ello no representa para la fertilidad y calidad del suelo por lo que no compromete a la agricultura en la zona. Cabe indicar que la distancia de muestreo fue mayor a 300 metros del relleno sanitario.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Contreras, E. et al. (2023) en su tesis titulada Concentración de metales pesados plomo y arsénico en el botadero de Mollebamba, Huancavelica. La misma tuvo por **objetivo:** Determinación de la contaminación por (Pb, As) en el botadero municipal de Acobamba. **Metodología:** La investigación fue descriptiva. Por lo que se obtuvieron

muestras de suelo a una profundidad de 40 cm, las muestras se enviaron a un laboratorio (acreditado por la INACAL) para los análisis respectivos. Así mismo los datos se procesaron mediante el SPSS. **Resultados:** Considerar que las muestras fueron obtenidas en el área de influencia directa del botadero. Los valores más altos presento el P6, siendo para pH 8.00, Pb 4.90 mg/kg, As 68.75 mg/kg. **Conclusión:** En los 6 puntos de muestreo el valor de Pb resultó menor al LMP, el As en 2 puntos mostro valores de 37.50 y 20.80 % mayores al LMP, siendo en los restos 4 puntos valores menores al LMP.

Pacompia, T. (2023) en su tesis titulada Efecto por lixiviados del botadero municipal en el suelo por metales pesados distrito de llave - 2023. La misma tuvo por **objetivo:** Evaluación del efecto del lixiviado del botadero municipal del distrito de Llave, en la acumulación de metales pesados en el suelo. **Metodología:** La investigación fue aplicada y de diseño no experimental. Por ello se buscó la relación de lixiviados del botadero y acumulación de metales pesados (As, Pb, Cd y Hg) en el suelo. Se obtuvo 3 muestras de suelo y una de lixiviado en el área de estudio (500 m²). **Resultados:** Los valores más altos presentaron las muestras de suelo del P1 (zona baja del botadero municipal) siendo estos los siguientes para: As 33.8, Cd 0.7347, Hg < 0.010, Pb 59.36, pH 5.6. **Conclusión:** Los niveles de As, Cd, Hg y Pb, hallado en las muestras de suelo obtenidas del área de estudio no representan un riesgo para la actividad agrícola, ya que los valores que presentaron fueron menores al ECA – para suelo agrícola. Así mismo se debe seguir realizando monitoreos periódicos con la finalidad de prevenir acumulación de metales pesados a largo plazo.

Pilco, N. (2021) en su tesis titulada Determinación de la influencia de los lixiviados en la concentración de metales pesados del suelo del botadero municipal de Moyobamba. La misma tuvo por **objetivo:** Determinación de la influencia del lixiviado en la concentración de metales pesados en el suelo del botadero. **Metodología:** La investigación fue aplicada, y con diseño no experimental. Se estableció tres puntos de muestreo de donde se obtuvieron 3 muestras de lixiviados y 9 muestras de suelo. Dichas muestras fueron enviados a laboratorio

para el análisis de la concentración de metales pesados (Cd, As, Pb). **Resultados:** Los valores más altos presentaron las muestras de suelo de la parte final del botadero, siendo estos los siguientes para: As 33.8, Cd 1.12 ppm, As 25.23 ppm, Pb 32.5 ppm. **Conclusión:** Las concentraciones de los metales pesados (Cd, As y Pb) en el área de estudio definieron que no superan el ECA, para suelo agrícola.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Follegatti, L. (2023) en su tesis titulada Metales pesados en agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca producida en la provincia de Leoncio Prado. La misma tuvo por **objetivo:** Evaluación de metales pesados en el suelo, agua y pasto y su relación con la leche fresca de vaca en la provincia de Leoncio Prado. **Metodología:** La tesis fue aplicada y de nivel explicativo, por lo que se recolectaron muestras de suelo, agua, y pasto utilizado para alimentar al ganado lechero. Las muestras de suelo se obtuvieron de la capa superficial de (0 - 20 cm) y del mismo lado se recolectaron las muestras de pasto. El método de muestreo utilizado fue aleatoria simple. Así mismo dichas muestras fueron enviados a laboratorio para su análisis respectivo. **Resultados:** Los valores para metales pesados en el suelo fueron para: Pb 22.207 mg/Kg, Cd 1.007 mg/Kg, Hg 0.011 mg/Kg. Los valores para metales pesados en el pasto en mg/Kg fueron: Pb 2,726, Cd 0.164, Hg 0.000. **Conclusión:** Los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados en el agua, pasto y leche fueron menores a los obtenidos en el suelo, siendo en el suelo lo siguiente para Pb (22.207 mg/kg) Cd (1.007 mg/kg) y Hg (0.011 mg/kg). Por lo que los resultados hallados revelan la importancia del monitoreo de la contaminación por metales pesados en la zona.

Fernández, A. (2019) en su investigación titulada Identificación de especies vegetales nativas acumuladoras de cadmio en el caserío de Picuruyacu Alto, distrito de Castillo Grande. La misma tuvo por **objetivo:** Identificación de especies vegetales nativas bioacumuladoras de Cd en el caserío de Picuruyacu Alto. **Metodología:** La investigación fue de tipo aplicada y nivel descriptivo, por ello se realizó la recolección de 4

ejemplares por especie herbácea existente en el área de estudio. De ellos se analizaron (raíz, tallo, hojas, flor y semillas) y su suelo. Dichas muestras se enviaron a laboratorio. **Resultados:** Los resultados de la concentración de metales pesados para *Cyperus simplex* (E-5) fueron para: Cd en el vástago 3.78 ppm 47.19 %, Sistema radicular 4.23 ppm 52.81%; así mismo para *Cyathula prostrata* (E-2) fueron para: Cd en el vástago 10.10 ppm 47.53 %, Sistema radicular 11.15 ppm 52.47%. La concentración de Cd en el suelo fue de 3.17 ppm. **Conclusión:** Las especies herbáceas existentes en el área de estudio fueron *Cyathula prostrata* y *Cyperus simplex*, las mismas que son acumuladores de Cd.

Rufino, V. (2019) en su investigación titulada Calidad de suelo como un indicador de contaminación en el botadero la Muyuna, distrito de Rupa Rupa. Tuvo como **objetivo:** Evaluación de la calidad del suelo del La Muyuna. **Metodología:** La investigación fue aplicada y con diseño descriptivo, se estudió muestras contaminadas y no contaminadas del suelo, para evaluar el grado de contaminación y compararlos con la normativa ECA – suelo, y entre ellos. Con ello determinando la calidad del suelo del botadero La Muyuna. Los **resultados:** Del suelo fueron pH 7.8; Pb 274.5 ppm y Cd 14.5 ppm. **Conclusión:** El suelo del botadero la Muyuna, a causa la la acumulación de residuos sólidos, se presentan degradadas.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. SUELO

Compuesto conformado por microorganismos, materia orgánica y partículas inorgánicas, que conforma desde la superficie terrestre hasta sus distintas profundidades (MINAM, 2017).

2.2.1.1. SUELO AGRÍCOLA

Al suelo con potencial para ganadería y cultivos son las denominadas suelos agrícolas. También forman parte de estas las áreas forestales y áreas naturales protegidas, que son habitat de distintas especies de flora y fauna nativa (MINAM, 2017).

2.2.2. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

El proceso de degradación química que disminuye la fertilidad y calidad del suelo se le conoce como contaminación de suelo. Siendo ello a causa de la actividad antrópica, como procesos industriales, actividad agrícola insostenible, minería, mal manejo de los residuos sólidos (FAO y PNUMA, 2022).

Una de las grandes amenazas a nivel mundial para la fertilidad y para la capacidad de proporción de los sus servicios ecosistémicos, es la contaminación del suelo. Por lo que en el 2017 en la asamblea de las acciones unidad para el medio ambiente, hizo un llamado mundial para la gestión de la contaminación de los suelos con la finalidad de lograr un desarrollo sostenible (FAO y PNUMA, 2022).

2.2.3. CAUSA DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

El contacto con el área polucionada no siempre es directo. Al enterrar los residuos y/o sustancias toxicas bajo el suelo. Conllevan a la contaminación de las aguas subterráneas, que son utilizadas, para el consumo y riego de sembríos por lo que a través de la cadena trófica acaban intoxicando a la población. La acumulación de basura en la superficie (áreas públicas, naturales – vertederos y zonas industriales) o el enterramiento de los mismos, genera contaminación del suelo en distintos grados y con distintos contaminantes (Juste, 2017). Por lo que las causas de la contaminación del suelo son los siguientes:

- Vertido de aguas residuales.
- Disposición inadecuada se residuos sólidos.
- Uso de agroquímicos y químicos en distintas actividades.
- Emisiones radioactivas.
- Emisiones del sector transporte e industria.

2.2.3.1. TIPOS DE CONTAMINANTES DEL SUELO

Juste (2017) las principales fuentes y agentes de contaminación del suelo son:

- Residuos sólidos de todas las actividades antrópicas existentes que contaminan el suelo y agua.
- Residuos líquidos, aguas residuales de todos tipos de actividades antrópicas, que contaminan el agua y suelo.
- Agroquímicos (fungicidas, fertilizantes, insecticidas y herbicidas).
- Emisiones por las industrias y todo el sector transporte.

2.2.3.2. EFECTOS Y CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Juste (2017) indica lo siguiente: La pérdida de la calidad del suelo, atrae consecuencias que va desde la desvalorización, hasta la incapacidad de su uso para la agricultura, construir o para albergar vida sana de flora y fauna. Las consecuencias también pueden ser de manera acumulativa con el paso del tiempo conlleva a la pérdida de la vida en el suelo contaminando, por ello también con lleva a una pérdida económica ya que no se puede aprovechar dicho recurso ni de sus alrededores, por lo que como consecuencias de la contaminación del suelo se encuentran:

- Pérdida de la flora y fauna del lugar.
- Pérdida de la calidad y fertilidad del suelo.
- Deterioro del paisaje.
- La pérdida y empobrecimiento del ecosistema terrestre y acuático.

2.2.4. ÁREAS DEGRADADAS POR RESIDUOS SÓLIDOS (ADRS)

Los lugares donde se viene realizando o donde se realizó por un tiempo prolongado acumulaciones de residuos sólidos municipales, que carecen de criterios técnicos y sin autorización alguna se denomina áreas degradadas por residuos sólidos municipales (MINAM, 2019).

2.2.4.1. BOTADERO

Un botadero existe al margen de la ley por lo que no cuentan con ninguna autorización, ya que presenta depósitos inapropiados de residuos sólidos en los espacios públicos, rurales, baldías

urbanas y naturales que representan un riesgo ambiental y sanitario (MINAM, 2017).

2.2.4.2. EFECTOS DEL BOTADERO EN EL AMBIENTE

Los botaderos, contaminan el ambiente (agua superficial, subterránea, suelo, aire) a demás ponen en riesgo la salud por que genera olores nauseabundos son focos de infección donde proliferan los vectores transmisores de enfermedades, complementario a ello existen al margen de la ley (Ley General de Residuos Sólidos 27314, 2000). Los botaderos comprometen la salud ambiental y la salud pública por que generan contaminación ambiental que afectan a los componentes ambientales y son un foco infeccioso.

2.2.4.3. LA CRISIS DE LOS BOTADEROS EN EL PERÚ

A nivel mundial distintos países no cuentan con un tratamiento adecuado de los residuos sólidos. Entre ellos en Latinoamérica se agrava dicha problemática ya que el 50% de los residuos generados son depositados en botaderos al aire libre, teniendo consecuencias graves como la proliferación de vectores, contaminación ambiental y riesgo de enfermedades en las poblaciones cercanas a estos botaderos (Innova Ambiental, 2018).

En Perú, poco más del 40% de los residuos sólidos son dispuestos en botaderos clandestinos, y sus lixiviados generados por su descomposición son oscuros y con olor desagradable, siendo altamente tóxicos y perjudiciales para el ambiente y la salud pública (Innova Ambiental, 2018).

2.2.4.4. PELIGRO DE LOS BOTADEROS

Áreas donde se disponen todo tipo de desechos, ponen en peligro la salud de las poblaciones cercanas a estas mismas, así mismo contaminan el medio ambiente ya que degradan el suelo, el agua, la vegetación, la atmosfera y generan la disminución de la fauna. Así mismo se indica que las poblaciones cercanas a

botaderos son los más predispuestos a los brotes de enfermedades (Innova Ambiental, 2018).

a) Consecuencias: Los lixiviados generados por su descomposición son oscuros y con olor desagradable, siendo altamente tóxicos y perjudiciales para el ambiente y la salud pública (Innova Ambiental, 2018). Por lo que las condiciones climáticas como la humedad y altas temperaturas favorecen la descomposición de los residuos y con ello los lixiviados, siendo estos líquidos uno de la principal fuente de contaminación del suelo y del agua, al entrar en contacto con animales y personas pueden distribuir bacterias y tóxicos altamente dañinos que pueden generar la muerte. La quema de desechos es habitual en los botaderos con la finalidad de disminuir las pilas de basura, siendo ello una mala praxis que aumenta la contaminación del aire, generando con ello enfermedades respiratorias como el cáncer de pulmón y vías respiratorias en la población cercana (Innova Ambiental, 2018).

2.2.5. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS BOTADEROS EN EL PERÚ

En la actualidad la disposición final inadecuada de residuos sólidos en el Perú es crítica, ya que en la actualidad lo realizan en botaderos a cielo abierto generando todo tipo de contaminación. Siendo uno de los factores principales la inexistencia de rellenos sanitarios, por lo que solamente en la capital Lima se registran 184 puntos que funcionan como botaderos de basura (Innova Ambiental, 2018). En otros lugares como, Villa el Salvador, María del Triunfo, San Martín de Porres, Chorrillos, La Victoria, en dichos distritos el Ministerio de Salud decreto alerta sanitario a causa de los numerosos puntos críticos por acumulación de residuos sólidos que presentan estas ciudades afectando la salud de sus pobladores.

En el Perú más de 30 millones de personas utilizan botaderos clandestinos para la disposición de los residuos sólidos, por el déficit de rellenos sanitarios. Ante ello las entidades competentes vienen realizando cierre de botaderos, creación de rellenos sanitarios y

restauración y recuperación de áreas degradadas por residuos sólidos (Innova Ambiental, 2018).

2.2.6. NORMATIVA PERUANA QUE REGULA LA CALIDAD DEL SUELO Y LAS ÁREAS DEGRADADAS POR RESIDUOS SOLIDOS

a) D.S. N° 011-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, en su anexo presenta el ECA de acuerdo a los parámetros y al uso del suelo (Véase anexo 10).

- **Ley general del ambiente: Artículo I:** Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida.

- **Artículo VI. - Del principio de prevención:** La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental.

- **Artículo VIII.- Del principio de internalización de costos:** Toda persona natural o jurídica, pública o privada, debe asumir el costo de los riesgos o daños que genere sobre el ambiente.

b) Artículo 118.- Recuperación y reconversión de áreas degradadas por residuos sólidos municipales: 118.2 El responsable de la recuperación y reconversión de las áreas degradadas municipales es aquel causante de su impacto, que gestiona estas áreas; por lo que se encuentra obligada a realizar la recuperación o reconversión, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles o penales a que hubiere lugar.

- **118.3: El OEFA,** en el marco del Inventario nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos, identifica el área degradada por residuos sólidos y su responsable para la recuperación o reconversión, según corresponda. **118.4:** La municipalidad responsable de la recuperación o reconversión debe contar previamente con el instrumento de Gestión Ambiental (IGA) correspondiente por la autoridad ambiental competente.

Tabla 1

Síntesis del marco normativo del Perú sobre el suelo sobre calidad de suelos y gestión de residuos en Perú

AÑO	NORMA	DETALLE DE LA NORMA
2005	Ley 28611 Ley general del Ambiente.	Refiere que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida.
2013	Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM	Aprueba el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
2017	Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM	Aprueba el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
2017	Ley N.° 26821	Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
2017	D.L. 1278	Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
2017	Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM	Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados - norma que regula la evaluación y remediación de sitios contaminados.
2017	Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM	Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N.° 1278.
2020	Proyecto de Ley N.° 7785 – 2020 - CR	Proyecto de Ley que declara de Interés Nacional y Necesidad Pública la Implementación de Prácticas de Manejo y Conservación de Suelos para la Prevención de la Erosión de Suelos Agrícolas.
2022	Decreto Supremo N.° 001-2022-MINAM	D.S. que modifica el Reglamento del D.L. N.° 1278, D.L. que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado mediante D.S. N.° 014-2017-MINAM, y el Reglamento de la Ley N.° 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores, aprobado mediante D.S. N.° 005-2010-MINAM.

Nota. La tabla 1, muestra la síntesis del Marco legal para la recuperación de suelos en el Perú. Fuente: (D. S. N° 001-2022-MINAM; D.S. N° 011-2017-MINAM; D.S. N° 002-2013-MINAM).

Tabla 2

Concentración de metales pesados de acuerdo al ECA para Suelo – D.S. N° 001-2017 MINAM

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	USOS DEL SUELO			Método de ensayo
	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/Industrial /extractivo	
Cadmio	1.4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051

Nota. La tabla, muestra el ECA suelo, de los metales pesados por uso de suelo.

2.2.7. MARCO INSTITUCIONAL PARA EL USO SOSTENIBLE Y RECUPERACIÓN DE SUELOS EN EL PERÚ

Tabla 3

Marco institucional para el uso sostenible, recuperación de suelos y gestión de residuos en el Perú

N.º	INSTITUCIONES	SIGLAS
1	Presidencia del Consejo de ministros	PCM
2	Ministerio de Agricultura y Riego	MIDAGRI
3	Ministerio del Ambiente	MINAM
4	Gobiernos Regionales y Locales	Municipalidades
5	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	OEFA
6	Ministerio Publico Fiscalía de la Nación	MPFN
7	Poder Judicial del Perú	PJ
8	Ministerio de Energía y Minas	MINEM
9	Ministerio de Transportes y Comunicaciones	MTC
10	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	VIVIENDA
11	Gobiernos locales	Municipalidades
12	Otros	--

Nota: La tabla 3 presenta los nombres de las instituciones a nivel nacional involucrados a la recuperación de suelos y gestión de residuos en el Perú (Nombres de los Ministerios del Perú (Actualizado Julio 2023) Gabinete Ministerial Dina Ercilia Boluarte Zegarra, 2023).

2.2.8. METALES PESADOS

Son un conjunto de elementos metálicos con densidades superiores a 5 gr/cm³, que cuando presentan acumulación pueden ser tóxicos y peligrosos para los seres vivos estos metales son el As, Cd, Hg y Pb (Metales Pesados - Definición, Características, Propiedades Y Tipos, 2023).

2.2.8.1. FUENTES DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS

Se presentan distintas fuentes de contaminación de acuerdo a su origen puede ser naturales el material de origen, y pueden presentarse por la actividad humana, por lo que la contaminación natural es mínima a comparación de la contaminación antrópica (Fernández, s.f.).

Las actividades de agricultura y con ello el uso de agroquímicos, disposición inadecuada de residuos sólidos, semisólidos, vertimiento de residuos líquidos, aguas residuales y contaminadas contribuyen a la contaminación del suelo por metales pesados (Fernández, s.f.).

2.2.8.2. METALES PESADOS EN SUELOS

El suelo presenta metales pesados como su componente natural, como también pueden formar parte del mismo a causa de las actividades antrópicas (Mahler, 2003). Citado por Wong A, 2017. Por lo que los suelos agrícolas que presentan acumulación de metales pesados representan un riesgo para la salud pública y para la vida existente en dicho suelo. Así mismo otro riesgo crítico para la salud pública y el medio ambiente, se basa en la acumulación de metales pesados en el suelo, ya que estos pueden ser absorbidos por las plantas y estos a través de la cadena trófica puede llegar a la parar a las personas (Rueda et al, 2011). Citado por Tantalean, E. (2017).

2.2.8.3. EFECTOS DE LOS METALES PESADOS

La acumulación de metales pesados en el agua, suelo, tejidos vegetales constituyen un riesgo para el medio ambiente y la salud pública ya que en este último genera enfermedades cancerígenas, hepáticas y renales. Así mismo se indica que la acumulación de los metales pesados se relaciona con el uso excesivo de agroquímicos, actividades industriales y la disposición inadecuada de los residuos sólidos en botaderos a cielo abierto (Mendoza, et al., 2021).

La contaminación genera la pérdida del suelo y de su fertilidad, por lo que en ese punto se necesita su recuperación a través de tratamientos prácticos (Fernández, s.f.).

2.2.9. COMPORTAMIENTO DE LOS METALES EN EL SISTEMA SUELO-PLANTA

El sistema de suelo a planta, es un sistema abierto por que está sometido a aportes de fertilizantes, pesticidas, contaminantes y pérdidas de los mismos mediante la erosión, volatilización y escurrimiento.

La acumulación de metales pesados en las plantas se produce desde el suelo, que las plantas a través de sus raíces absorben los metales pesados disponibles en el suelo, esta absorción va a depender de ciertos factores tal como el pH, tipo de suelo, la temperatura, aireación, condiciones de fertilización y del redox, así como la especie vegetal, el sistema radicular, el momento de su desarrollo, entre otros. Cabe indicar que esta absorción también se puede dar por el sistema foliar de la planta y que dichos metales pueden presentarse en todas las partes de la planta hasta en su fruto o semilla, esta concentración o movimiento de los metales pesados dentro de la planta disminuye conforme al siguiente orden: $Cd > B > Zn > Cu > Pb$ (Fernández, s.f.).

Los metales pesados que han sido integrados en el suelo pueden presentar lo siguiente:

- Quedarse retenido en la solución del suelo, o estar fijado por adsorción o precipitación.

- Ser absorbidos por las plantas e incorporarse a las cadenas tróficas.
- Pasar a la atmósfera por volatilización.
- Movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas.

2.2.10. PASTOS GRAMÍNEOS POACEAE

Los pastos o gramíneas son plantas monocotiledóneas que forman parte de la familia Poaceae. Los pastos forman parte de todos los ecosistemas terrestres, y estos pueden formar comunidades como los pastizales, bosques o selvas (Sánchez, s.f.). Por lo que son una familia de plantas herbáceas, muy raramente leñosas.

2.2.10.1. ÁMBITO DE CRECIMIENTO

Por su ciclo de vida se consideran anuales (trigo o avena, se reproducen una vez en su ciclo de vida) o perennes (se reproducen varias veces, y estas son la mayoría de las especies de pastos) (De, 2002).

2.2.10.2. TALLO

Presentan tallos elípticos a cilíndricos, llamados cañas estos pueden ser macizos o entrenudos huecos (Maíz y Bambúes) (De, 2002). Por lo que pueden presentar distintos tipos de tallos, siendo unos de los siguientes:

a) Tallos aéreos:

- **Tallos erectos y ascendentes:** Entrenudos, simple o ramificados, que pueden ser cortos en la su base y gradualmente más largos en el ápice.
- **Tallos rastreros:** Los que se presentan recostados en el suelo, presentan nudos compuestos, por lo que pueden originar nuevas plantas (estolones) esto cuando cada nudo genera dichas plantas.
- **Tallos flotantes:** Son los que flotan en el agua, por los entrenudos huecos que presentan.

b) Tallos subterráneos:

- **Rizomas:** Pueden ser encorvados y cortos, de crecimiento definido que puedan producir nuevas plantas. El otro tipo es largo con crecimiento indefinido que propaga la planta a cierta distancia de la mata original.
- **Pseudobulbos:** Son engrosamientos de los entrenudos basales envueltos por sus vainas foliares. Son menos frecuentes en las gramíneas.

2.2.10.3. HOJAS

Presentan hojas de disposición alterna, conformadas generalmente de vaina, limbo y lígula. La vaina rodea al tallo, la lígula es un diminuto apéndice membranoso, o grupo de pelos (tricomas), el limbo o lamina es simple y lineal. Por lo que son aplanados o enrollados en forma de tubo (de, 2002).

2.2.10.4. TAXONOMÍA

Tabla 4

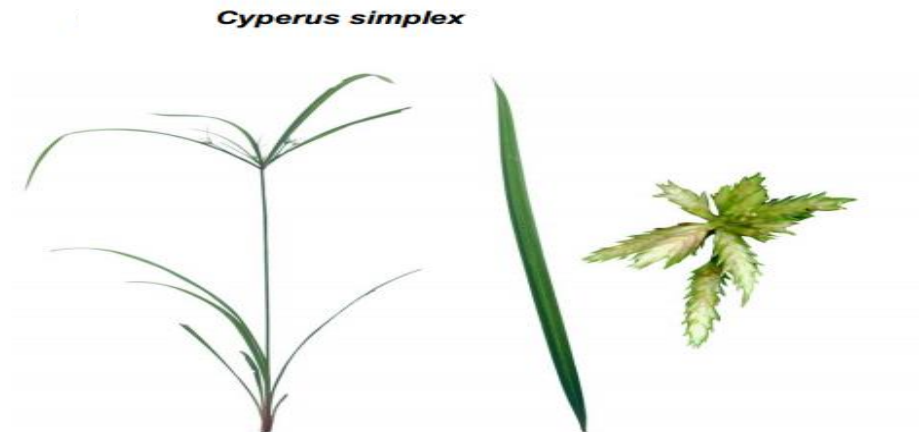
Taxonomía de las gramíneas Poaceae

Taxonomía		
Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Subclase	:	Commelinidae
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae

Nota. La tabla muestra la taxonomía de la familia Poaceae.

Figura 1

Cyperus simplex gramíneas perenne a estudiar



Nota. La figura 1 muestra la *Cyperus simplex* gramíneas perenne en la zona de estudio.

Fernández (2019) refiere al respecto:

- **Distribución:** Se encuentran en climas húmedos y tropicales, de 500 a 2000 msnm.
- **Descripción:** Pertenece a la familia cyperaceae. Pueden crecer hasta una altura de 58 cm, presentan tallo delgado con un diámetro aproximado de 0.3 cm, así mismo presentan hojas lineales y largas.

Figura 2

Philoglossa minuloides gramíneas perenne a estudiar



Nota. La figura 2 muestra la *Philoglossa minuloides* gramíneas perenne en la zona de estudio.

Fernández (2019) refiere al respecto:

- Distribución: Se distribuye en distintas áreas que van desde los 400 a 2600 msnm, generalmente.
- Siso menudo: Se refiere a la planta *Philoglossa minuloides*, conocida comúnmente como (siso menudo) o siso lapacho en Perú. Es una especie de forraje verde con buena producción. Los pastos, en general, son plantas gramíneas (familia Poaceae) que se encuentran en diversos ecosistemas, desde pastizales hasta bosques.
- Descripción: Pertenece a la familia euphorbiaceae, puede alcanzar una altura de 78 cm. Presenta un tallo simple que brota y una altura de raíz de 10.6 cm. Presenta un tallo simple que segrega una savia de color blanco lechoso.

Figura 3

Geratina azangaroensis gramíneas perenne a estudiar



Nota. La figura 2 muestra la *Euphorbia heterophylla* gramíneas perenne en la zona de estudio.

Fernández (2019) refiere al respecto:

- Distribución: Se distribuyen en zonas templadas que van desde los 500 a los 2400 msnm.

- **Descripción:** Herbácea anual perteneciente a la familia asterácea. Puede llegar a una altura de 64 cm aprox., presenta un tallo cilíndrico verde, sus hojas ovaladas, sus flores de violáceo claro y amarillo. Su propagación se da a través de los rizomas.

2.2.11. LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES

Es un proceso biológico que utiliza estas plantas para remover contaminantes del suelo, especialmente metales pesados. Las gramíneas perennes, con sus extensos sistemas radiculares, son capaces de absorber y acumular estos metales en sus tejidos. La fitoextracción es una alternativa sostenible y económica para la remediación de suelos contaminados (Félix et al, 2021).

(Félix et al., 2021) el proceso de fitoextracción con gramíneas perennes implica:

- **Absorción:** Las raíces de las gramíneas perennes absorben los contaminantes del suelo, que pueden ser metales pesados como plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As), y zinc (Zn).
- **Acumulación:** Los metales absorbidos se acumulan en las partes vegetales, especialmente en las raíces, tallos y hojas.
- **Remoción:** Al cosechar y eliminar las partes vegetales, se retiran los contaminantes del suelo, reduciendo su concentración en el medio ambiente.

En resumen, la fitoextracción con gramíneas perennes es una técnica prometedora para la remediación de suelos contaminados, especialmente con metales pesados. El uso de gramíneas perennes como la mostaza, el zacate vetiver y el trébol, permite la absorción y acumulación de contaminantes en sus tejidos, facilitando la eliminación de los mismos del suelo (Félix et al, 2021).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Suelo:** Compuesto conformado por microorganismos, materia orgánica y partículas inorgánicas, que conforma desde la superficie terrestre hasta sus distintas profundidades (MINAM, 2017).
- **Suelo agrícola:** Al suelo con potencial para ganadería y cultivos son las denominadas suelos agrícolas. También forman parte de estas las áreas forestales y áreas naturales protegidas, que son habitat de distintas especies de flora y fauna nativa (MINAM, 2017).
- **Suelo contaminado:** Es el suelo con su característica química modificada negativamente, generado por los químicos depositados por las actividades antrópicas. Por lo que los niveles presentes de estos químicos representan un riesgo para la salud pública y para el medio ambiente (MINAM, 2014).
- **Parámetro:** Elementos o sustancias del suelo, con la cual se pueden realizar la definición de su calidad (MINAM, 2014).
- **Punto de muestreo:** Lugar determinado, donde se deberán recolectar muestras de suelo o del componente ambiental en estudio (MINAM, 2014).
- **Estándar de calidad ambiental (ECA):** Es una herramienta, con la cual se puede determinar el estado del componente ambiental (MINAM, 2014).
- **Metales pesados:** Son un conjunto de elementos metálicos con densidades superiores a 5 gr/cm³, que cuando presentan acumulación pueden ser tóxicos y peligrosos para los seres vivos estos metales son el As, Cd, Hg y Pb (Metales Pesados - Definición, Características, Propiedades Y Tipos, 2023).
- **Concentración de metales pesados:** La acumulación de los metales pesados en los suelos, es un riesgo crítico para la salud humana, así como también la existencia de los organismos, los efectos negativos del o los metales pesados presentes en el suelo, dependen de su concentración (cantidad) además de las propiedades específicas del suelo, cuando se sobrepasa la capacidad amortiguadora del suelo, los metales pesados suelen liberarse, para ser absorbido por las plantas a través de las raíces (Rueda et al., 2011). Citado por Tantalean, E. (2017).
- **Pasto:** Los pastos o gramíneas son plantas monocotiledóneas que forman parte de la familia Poaceae. Los pastos forman parte de todos los

ecosistemas terrestres, y estos pueden formar comunidades como los pastizales, bosques o selvas (Sánchez, s.f.).

- **Área degradada por residuos sólidos:** Los lugares donde se viene realizando o donde se realizó por un tiempo prolongado acumulaciones de residuos sólidos municipales, que carecen de criterios técnicos y sin autorización alguna se denomina áreas degradadas por residuos sólidos municipales (MINAM, 2019).
- **Botadero:** Un botadero existe al margen de la ley por lo que no cuentan con ninguna autorización, ya que presenta depósitos inapropiados de residuos sólidos en los espacios públicos, rurales, baldías urbanas y naturales que representan un riesgo ambiental y sanitario (MINAM, 2017).
- **Fitoextracción:** También conocida como fito acumulación consiste en la absorción de metales pesados, a través de las raíces de la planta y su posterior acumulación en raíces, tallos, hojas, flores, frutos y semillas (Moliné, 2003).

2.4. HIPOTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Ha: Las gramíneas perennes fito extraen metales pesados de un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.

Ho: Las gramíneas perennes no fito extraen metales pesados de un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

HE1: El suelo de un área degradada (botadero Huishca) distrito de Huácar, presenta concentraciones de metales pesados en todos los niveles (N1, N2 y N3) establecidos para el estudio.

HE01: El suelo de un área degradada (botadero Huishca) distrito de Huácar, no presenta concentraciones de metales pesados en todos los niveles (N1, N2 y N3) establecidos para el estudio.

HE2: Existen distintas especies de gramíneas perennes en el suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar.

HE02: No existen distintas especies de gramíneas perennes en el suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar.

HE3: Las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, muestran distintos % de fito extracción de metales pesados.

HE03: Las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, no muestran distintos % de fito extracción de metales pesados.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Suelo degradado (botadero Huishca).

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Fitoextracción de gramíneas perennes.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5

Operacionalización de variables del proyecto de investigación titulado: Evaluación de la fitoextracción con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumentos
Variable independiente: Suelo degradado (botadero Huishca).	• Suelo contaminado y/o degradado: Es el suelo con su característica química modificada negativamente, generado por los químicos depositados por las actividades antrópicas. Por lo que los niveles presentes de estos químicos representan un riesgo para la salud pública y para el medio ambiente (MINAM, 2014). • Botadero: Un botadero existe al margen de la ley por lo que no cuentan con ninguna autorización, ya que presenta depósitos inapropiados de residuos sólidos en los espacios públicos, rurales, baldías urbanas y naturales que representan un riesgo ambiental y sanitario (MINAM, 2017).	El botadero se evaluará en cuanto a su disposición de residuos toneladas al día y se delimitará de acuerdo a los niveles (N1, N2 y N3) establecidas para el estudio. De donde se obtendrán muestras de suelo y gramíneas perennes por nivel.	Botadero Huishca.	Perímetro	M ²	Ficha de campo
				Años de funcionamiento	Uds.	
				Cantidad de residuos dispuestos al día	Ton.	
				Distancia	Km	

Variable dependiente:	• Metales pesados: Son un conjunto de elementos metálicos con densidades superiores a 5 gr/cm3, que cuando presentan acumulación pueden ser tóxicos y peligrosos para los seres vivos estos metales son el As, Cd, Hg y Pb (Metales Pesados - Definición, Características, Propiedades Y Tipos, 2023). • Fitoextracción: También conocida como fito acumulación consiste en la absorción de metales pesados, a través de las raíces de la planta y su posterior acumulación en raíces, tallos, hojas, flores, frutos y semillas (Moliné, 2003). • Gramínea (Poaceae): Los pastos o gramíneas son plantas monocotiledóneas que forman parte de la familia Poaceae. Los pastos forman parte de todos los ecosistemas terrestres, y estos pueden formar comunidades como los pastizales, bosques o selvas (Sánchez, s.f.).	El suelo y pasto obtenido del área degradada por residuos sólidos (botadero Huishca) por niveles, serán enviadas a laboratorio para el análisis de la concentración de metales pesados. Con ello estudiar el comportamiento de los metales pesados en el sistema suelo-planta.	Concentración de metales pesados en el suelo (Parámetros químicos)	Pb y Cd	ppm	Análisis de Laboratorio
			Especies (Philoglossa minuloides, Cyperus simplex, Ageratina azangaroensis)	Uds.		
			Concentración de metales pesados en el pasto (Parámetros fisicoquímico)	Población	Uds.	
			Pb y Cd	ppm		

Nota. La tabla 5, muestra la operacionalización de las variables del proyecto de investigación mostrando los indicadores de acuerdo a las variables de estudio.

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación según (Supo, 2018) fue:

- **Observacional:** Ya que la investigación trato de observar sin intervención; ya que no se consideró la modificación de las variables de estudio.
- **Prospectivo:** Yaqué el investigador recolecto los datos.
- **Transversal:** Ya que se realizó el muestreo en un lugar y tiempo determinado.
- **Analítico:** Porque la investigación conto con dos variables.

3.1.1. ENFOQUE

La investigación fue de enfoque mixto, porque la presentación de datos fue de forma cualitativa y cuantitativa, en base a la medición numérica junto a sus interpretaciones correspondientes.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

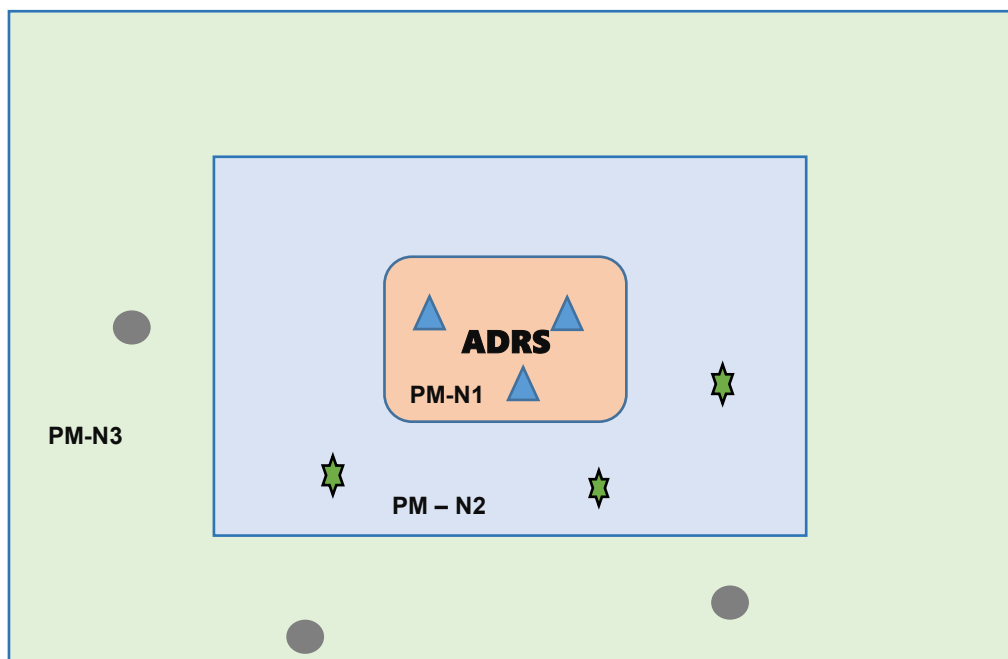
Según (Supo, 2018) la investigación fue de nivel relacional, ya que se estudió la relación entre variables (variable independiente: Suelo degradado del botadero Huishca) y (Variable dependiente: Fitoextracción de gramíneas perennes). La técnica que se utilizó fue el muestreo no probabilístico de suelo y gramíneas, posterior a ello se analizó los datos del análisis de laboratorio.

3.1.3. DISEÑO

La investigación según (Hernández et al, 2014) fue de un diseño de investigación no experimental, refiriendo que es aquel donde no se manipulan las variables de estudio, sino que se observan los fenómenos tal como ocurren naturalmente. Se basa en la observación y análisis de situaciones existentes, sin la intervención activa del investigador para modificar o controlar las variables. Ya que describió las características del suelo y gramínea, cerca al botadero Huishca.

Figura 4

Puntos referenciales establecidos para la recolección de muestras de suelo y gramínea



Nota. La figura muestra los puntos referenciales establecidos para la recolección de muestras de suelo y gramínea.

- **ADRS:** Área degradada por residuos sólidos (botadero Huishca).
- **PM – N1:** Punto de monitoreo nivel 1: Dentro del botadero Huishca (0 metros, ▲).
- **PM – N2:** Punto de monitoreo nivel 2: 0 a 10 metros del botadero (★).
- **PM – N3:** Punto de monitoreo Nivel 3: 15 a 20 metros del botadero (●).
- Las figuras muestran los puntos propuestos para muestreo de suelo y gramínea

Tabla 6

Diseño del experimento

Punto de Muestro	Nivel	Metros de distancia del (ADRS - Botadero)	Obtención de muestra	Comparación con el ECA suelo	Comparación por niveles
1	N1	0 metros	Suelo y gramínea	M. Suelo	N1, N2 y N3
2	N2	0 a 10 metros	Suelo y gramínea	M. Suelo	N1, N2 y N3
3	N3	15 a 20 metros	Suelo y gramínea	M. Suelo	N1, N2 y N3

Nota. La tabla muestra el diseño para la fase de campo de la investigación.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio correspondió al perímetro total del área que fue estudiada del ADRS (botadero Huishca), por lo que se consideró de 0 a 20 metros de distancia del ADRS, siendo la misma área de donde se recolectó las muestras, con un aproximado de 1/4 de hectárea. El ADRS se ubica en el distrito de Huácar.

3.2.2. MUESTRA

Las muestras fueron las que se recolectó en campo, por lo que se realizó un muestreo no probabilístico del suelo y gramínea. La cual consistió en 3 muestras de suelo por nivel. Haciendo un total de 9, en cuanto a las gramíneas se obtuvo 3 muestras por nivel haciendo un total de 9 muestras. La totalidad perteneció a las muestras recolectadas dentro del área de estudio del ADRS (botadero Huishca).

Tabla 7

Número de muestras de suelo y pasto obtenidos para el estudio

Nivel	Metros de distancia del (ADRS - Botadero)	Número de muestras de suelos	Número de muestra de gramínea	Total, de muestras
1	0 metros	3	3	18
2	0 a 10 metros	3	3	
3	15 a 20 metros	3	3	

Nota. Se muestra el número de muestras recolectados por nivel.

Tabla 8

Número de muestras de gramíneas obtenidos para el estudio

Nivel	Metros de distancia del (PAM)	Número de muestra	Total, de muestras
1	0 metros	3	9
2	0 a 10 metros	3	
3	15 a 20 metros	3	

Nota. Se muestran el número de muestras recolectados por nivel.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

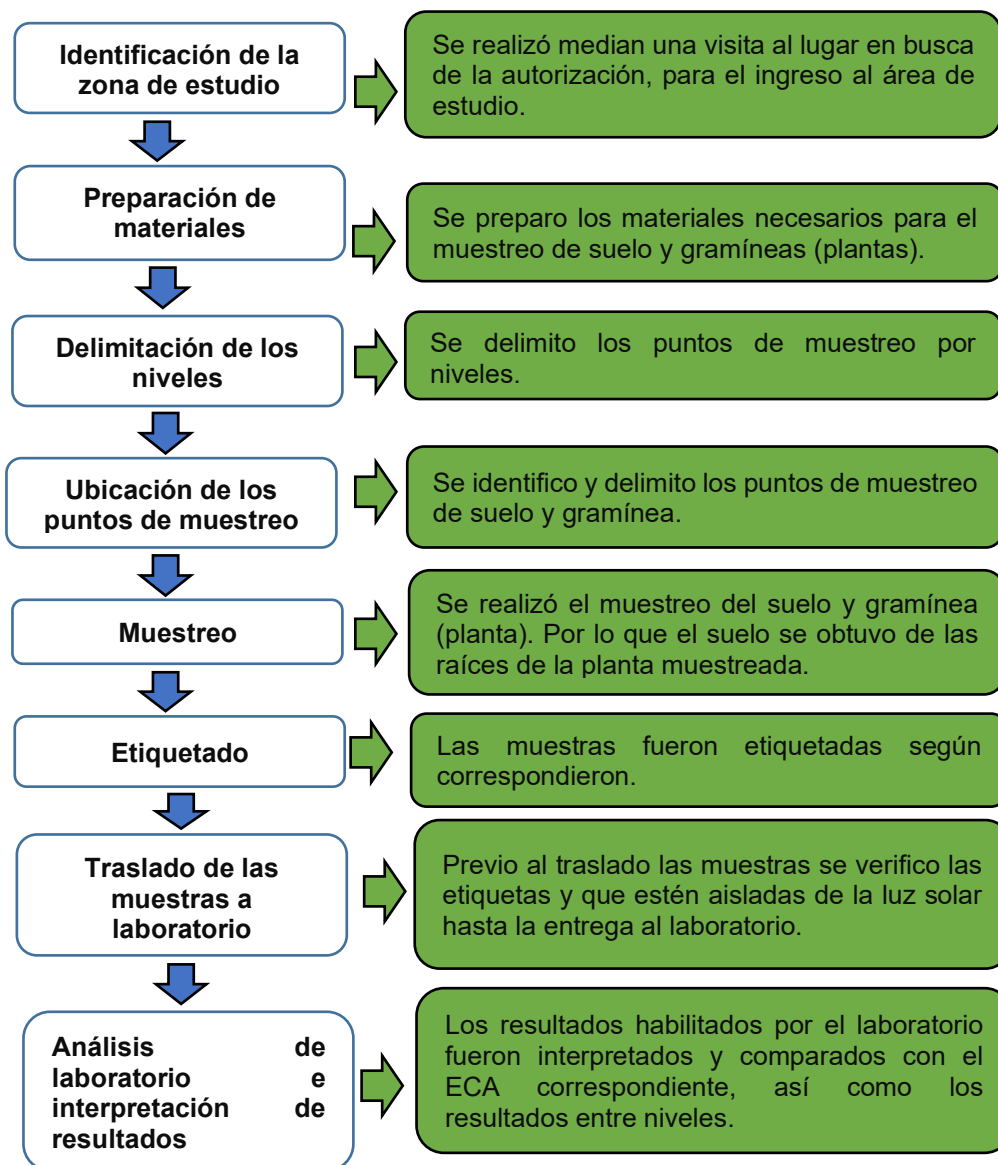
- **Fichaje y análisis de contenido:** Se estudio y recopiló antecedentes al estudio, como data base que coadyuvaron a la finalización de la presente tesis.

3.3.2. ETAPA DE CAMPO

La ejecución de la investigación, se presenta en el flujograma:

Figura 5

Flujograma de las etapas de campo de la investigación



Nota. Se muestra la secuencia de la investigación mediante el flujograma.

- **Procedimiento de toma de muestras:** Se procedió realizar realizó en concordancia con la guía para el muestreo de suelos (MINAM, 2014).

Tabla 9

Profundidad del muestreo según el uso del suelo

USOS DEL SUELO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO
Suelo Agrícola	0 – 30 cm

Nota. El nivel de profundidad se establecio de acuerdo a la guía para el muestreo de suelos (MINAM, 2014). Cabe indicar que el suelo muestreado se obtuvo de la raíz de la planta muestreada.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos cuantitativos que se obtuvieron de los ensayos de laboratorio, se trabajaron mediante el programa Excel y SPSS.

3.4.2. TÉCNICAS DE PRESENTACIÓN DE DATOS

Los datos cuantitativos se muestran en tablas y en forma gráfica, fueron procesados con el programa Excel, SPSS, y se presentan junto a sus descripciones correspondientes.

3.4.3. INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

Los resultados de laboratorio se muestran en tablas junto a su gráfico y descripción correspondiente.

3.5. ÁMBITO GEOGRÁFICO TEMPORAL Y PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO

La investigación se llevó a cabo en el distrito de Huácar, provincia de Ambo y departamento de Huánuco, la cual se ejecutó en los últimos seis meses de marzo a agosto del presente año.

Tabla 10*Ubicación donde se realizó la investigación*

Ubicación política	
Región	Huánuco
Provincia	Ambo
Distrito	Huácar
Botadero	Huishca
Coordenadas UTM – WGS- 84	
Este	362712
Norte	8877842

Nota. GOOGLE EARTH PRO.

3.5.2 PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Periodo del desarrollo de investigación:** Se considero desde el tiempo de ejecución de la presente hasta la sustentación del mismo, por lo que se pretende sustentar dentro de los próximos seis meses abarcando así de marzo a agosto del presente año.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El análisis de las muestras de suelo y las gramíneas de acuerdo a los parámetros de estudio metales pesados (Pb y Cd), también se presenta la comparación de los resultados del nivel de Pb y Cd del suelo con el ECA respectivo, todo ello junto a sus interpretaciones de acuerdo al objetivo general de la investigación: Evaluar el nivel de fitoextracción de metales pesados con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE METALES PESADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y DE LAS gramíneas

Los resultados de laboratorio del análisis de metales pesados (Pb y Cd) de las muestras de suelo y gramíneas de acuerdo al nivel y punto de monitoreo; se presentan en las tablas del 11 al 16 y las figuras del 6 al 11.

Así mismo los detalles del botadero Huishca se presentan en el anexo 9.

Tabla 11

Resultados del análisis del cadmio (Cd) en las muestras de suelo

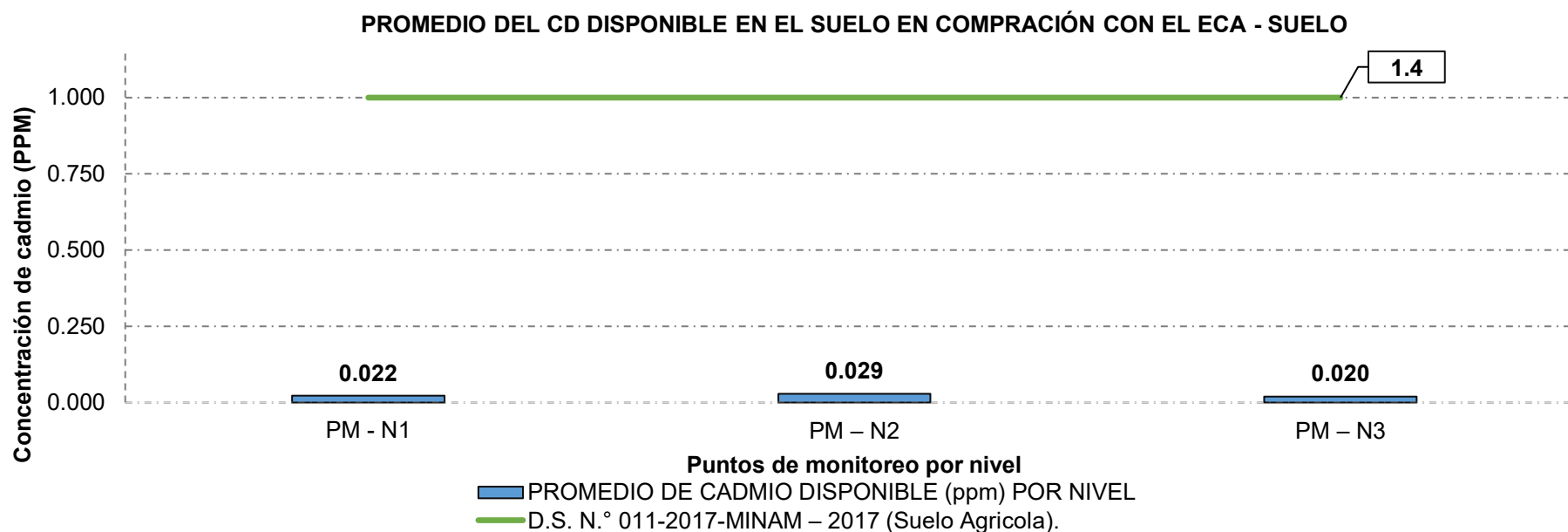
N.º	CÓDIGO DE MUESTRA	PUNTO DE MONITOREO POR NIVEL	ANÁLISIS QUÍMICO	PROMEDIO POR NIVEL DEL CD DISPONIBLE (ppm)	D.S. N.º 011-2017-MINAM – 2017	EVALUACIÓN
			Cd Disponible (ppm)		Uso de suelo (Suelo Agrícola)	
1	PM-N1-SU-M1	PM - N1	0.014	0.022	1.4	Cumple
2	PM-N1-SU-M2	PM - N1	0.020			
3	PM-N1-SU-M3	PM - N1	0.031			
4	PM-N2-SU-M1	PM – N2	0.031	0.029	1.4	Cumple
5	PM-N2-SU-M2	PM – N2	0.030			
6	PM-N2-SU-M3	PM – N2	0.026			
7	PM-N3-SU-M1	PM – N3	0.023	0.020	1.4	Cumple
8	PM-N3-SU-M2	PM – N3	0.019			
9	PM-N3-SU-M3	PM – N3	0.017			

Nota. Se muestra los resultados del análisis de Cd en las muestras de suelo analizadas, Esto de acuerdo a los resultados de laboratorio (Informe de Ensayo de Recibo N° 69604 (16/04/2025) del laboratorio de Análisis de Suelo de la UNAS) véase anexo 13. Donde: * PM: Punto de monitoreo; N1: Nivel 1 - Dentro del botadero Huishca; N2: Nivel 2 - De 0 a 10 metros del botadero; N3: Nivel 3 - de 15 a 20 metros del botadero; SU: Suelo; M1: Muestra 1; M2: Muestra 2; M3: Muestra 3; Cd: Cadmio; ppm: Parte por millón; 1 ppm = 1 mg/kg; mg/kg1: miligramos por kilogramo; D.S. N.º 011-2017-MINAM – 2017: Decreto Supremo que Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

Descripción: Se presentan los resultados obtenidos del análisis de cadmio en las muestras de suelos analizados siendo, los resultados promedios por nivel los siguientes: para PM – N1 (0.022 ppm); PM – N2 (0.029 ppm); PM – N3 (0.020 ppm). Los cuales cumplen con el ECA para suelo agrícola que establece un nivel de 1.4 mg/kg o ppm.

Figura 6

Promedio del cadmio disponible en las muestras de suelo, en comparación con el ECA – suelo



Nota. Presenta los resultados promedios por nivel de Cd disponible en el suelo, en comparación con el ECA para suelo agrícola.

Descripción: La figura 6, presenta los resultados promedios por nivel del cadmio disponible en el suelo, en comparación con el ECA para suelo agrícola; donde se evidencia que el punto de monitoreo PM – N3 con (0.020 ppm) presenta el valor más bajo, así mismo el PM – N2 con (0.029 ppm) presenta el valor más alto, cabe referir que ningún resultado obtenido sobrepasan el ECA, para suelo agrícola que establece un nivel de 1.4 mg/kg o ppm.

Tabla 12

Resultados del análisis del Pb en las muestras de suelo

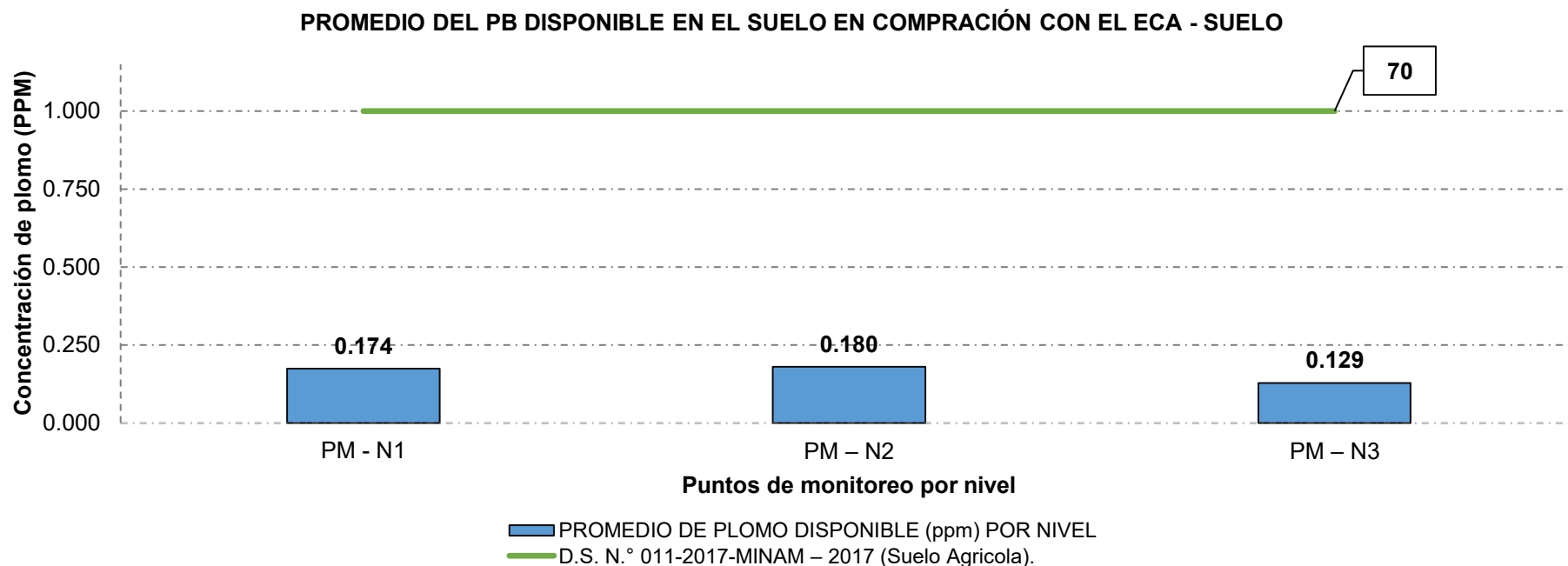
N.º	CÓDIGO DE MUESTRA	PUNTO DE MONITOREO POR NIVEL	ANÁLISIS QUÍMICO	PROMEDIO POR NIVEL DEL PB DISPONIBLE (ppm)	D.S. N.º 011-2017-MINAM – 2017 Uso de suelo (Suelo Agrícola)	EVALUACIÓN
			Pb Disponible (ppm)			
1	PM-N1-SU-M1	PM - N1	0.111	0.174	70.0	Cumple
2	PM-N1-SU-M2	PM - N1	0.204			
3	PM-N1-SU-M3	PM - N1	0.206			
4	PM-N2-SU-M1	PM – N2	0.263	0.180	70.0	Cumple
5	PM-N2-SU-M2	PM – N2	0.168			
6	PM-N2-SU-M3	PM – N2	0.108			
7	PM-N3-SU-M1	PM – N3	0.148	0.129	70.0	Cumple
8	PM-N3-SU-M2	PM – N3	0.108			
9	PM-N3-SU-M3	PM – N3	0.132			

Nota. Se presenta los resultados del análisis de Pb en las muestras de suelo analizadas, Esto de acuerdo a los resultados de laboratorio (Informe de Ensayo de Recibo N° 69604 (16/04/2025) del laboratorio de Análisis de Suelo de la UNAS) véase anexo 13. Donde: * PM: Punto de monitoreo; N1: Nivel 1 - Dentro del botadero Huishca; N2: Nivel 2 - De 0 a 10 metros del botadero; N3: Nivel 3 - De 15 a 20 metros del botadero; SU: Suelo; M1: Muestra 1; M2: Muestra 2; M3: Muestra 3; Pb: Plomo; ppm: Parte por millón; 1 ppm = 1 mg/kg; mg/kg1: miligramos por kilogramo; D.S. N.º 011-2017-MINAM – 2017: Decreto Supremo que Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

Descripción: Se presentan los resultados obtenidos del análisis de plomo en las muestras de suelos analizados siendo, los resultados promedios por nivel los siguientes: para PM – N1 (0.174 ppm); PM – N2 (0.180 ppm); PM – N3 (0.129 ppm). Los cuales cumplen con el ECA para suelo agrícola que establece un nivel de 70.0 mg/kg.

Figura 7

Promedio del plomo disponible en las muestras de suelo, en comparación con el ECA – suelo



Nota. Presenta los resultados promedios por nivel de Pb disponible en el suelo, en comparación con el ECA para suelo agrícola.

Descripción: La figura 7, presenta los resultados promedios por nivel del plomo disponible en el suelo, en comparación con el ECA para suelo agrícola; donde se evidencia que el punto de monitoreo PM – N3 con (0.129 ppm) presenta el valor más bajo, así mismo el PM – N2 con (0.180 ppm) presenta el valor más alto, cabe referir que ningún resultado obtenido sobrepasan el ECA, para suelo agrícola que establece un nivel de 70.0 mg/kg o ppm.

Tabla 13

Resultados del análisis del cadmio (cd) en las muestras de las gramíneas

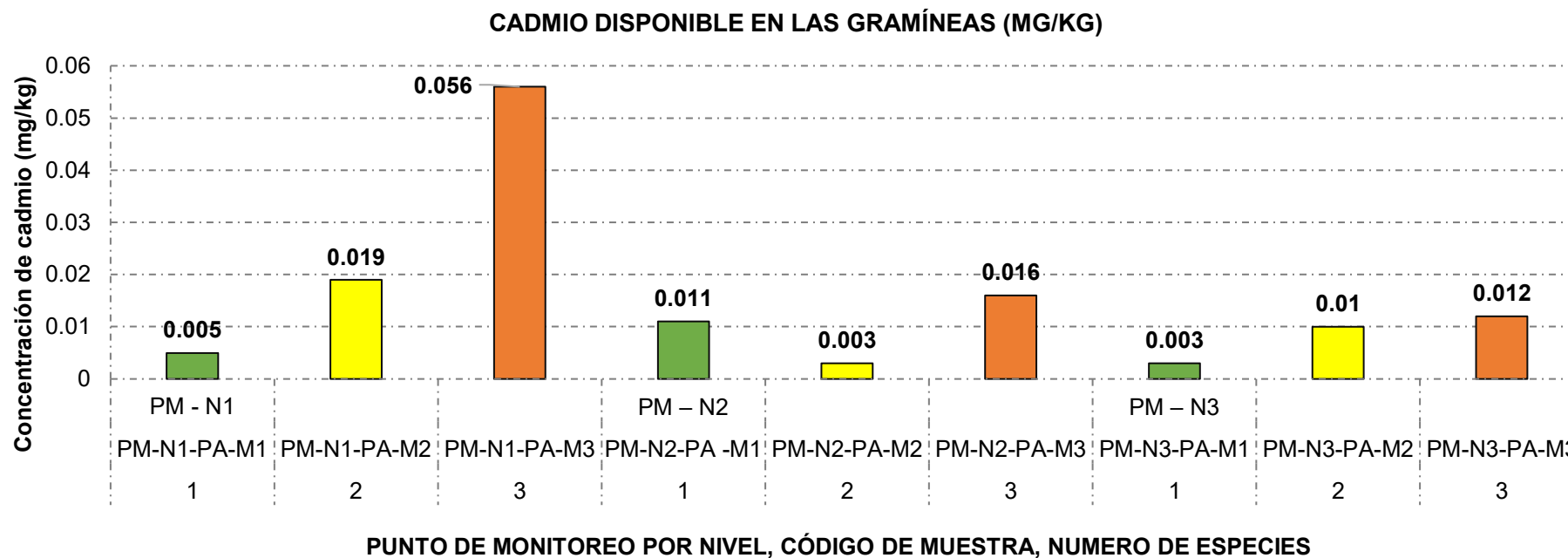
N.º	CÓDIGO DE MUESTRA	ESPECIE DE LA PLANTA	PUNTO DE MONITOREO POR NIVEL	ANÁLISIS QUÍMICO
				CD Disponible (mg/kg)
1	PM-N1-PA-M1	Siso menudo (<i>Philoglossa minuloides</i>)	PM - N1	0.005
2	PM-N1-PA-M2	Papiro o junco (<i>Cyperus simplex</i>)	PM - N1	0.019
3	PM-N1-PA-M3	Marmaquilla (<i>Ageratina azangaroensis</i>)	PM - N1	0.056
4	PM-N2-PA -M1	Siso menudo (<i>Philoglossa minuloides</i>)	PM – N2	0.011
5	PM-N2-PA-M2	Papiro o junco (<i>Cyperus simplex</i>)	PM – N2	0.003
6	PM-N2-PA-M3	Marmaquilla (<i>Ageratina azangaroensis</i>)	PM – N2	0.016
7	PM-N3-PA-M1	Siso menudo (<i>Philoglossa minuloides</i>)	PM – N3	0.003
8	PM-N3-PA-M2	Papiro o junco (<i>Cyperus simplex</i>)	PM – N3	0.010
9	PM-N3-PA-M3	Marmaquilla (<i>Ageratina azangaroensis</i>)	PM – N3	0.012

Nota. Se presenta los resultados del análisis de Cd en las muestras de gramíneas analizadas, Esto de acuerdo a los resultados de laboratorio (Informe de Ensayo de Recibo N.º 69604 (16/04/2025) del laboratorio de Análisis de Suelo de la UNAS) véase anexo 13. Donde: * PM: Punto de monitoreo; N1: Nivel 1 - Dentro del botadero Huishca; N2: Nivel 2 - De 0 a 10 metros del botadero; N3: Nivel 3 - De 15 a 20 metros del botadero; PA: Planta; M1: Muestra 1; M2: Muestra 2; M3: Muestra 3; Cd: Cadmio; mg/kg: un miligramo por kilogramo.

Descripción: Se presentan los resultados obtenidos del análisis de cadmio en las muestras de gramíneas analizados siendo, los resultados los siguientes: para PM-N1-PA-M1 (Siso menudo) 0.005 mg/kg; PM-N1-PA-M2 (Papiro) 0.019 mg/kg; PM-N1-PA-M3 (Marmaquilla) 0.056 mg/kg; PM-N2-PA-M1 (Siso menudo) 0.011 mg/kg; PM-N2-PA-M2 (Papiro) 0.003 mg/kg; PM-N2-PA-M3 (Marmaquilla) 0.016 mg/kg; PM-N3-PA-M1 (Siso menudo) 0.003 mg/kg; PM-N3-PA-M2 (Papiro) 0.010 mg/kg; PM-N3-PA-M3 (Marmaquilla) 0.012 mg/kg.

Figura 8

Concentración de cadmio disponible en las muestras de gramíneas



Nota. Presenta los resultados de la concentración de Cd en las muestras de gramíneas por nivel y según su codificación.

Descripción: La figura 8, presenta los resultados de la concentración de Cd en las muestras de gramíneas por nivel y según su codificación, donde se evidencia que la muestra de código PM-N1-PA-M3 (Marmaquilla) con 0.056 mg/kg, presenta el valor más alto, así mismo el PM-N2-PA-M2 (Papiro) y PM-N3-PA-M1 (Siso menudo) ambos con 0.003 mg/kg, presentan los valores más bajos.

Tabla 14

Resultados del análisis del plomo (Pb) en las muestras de las gramíneas

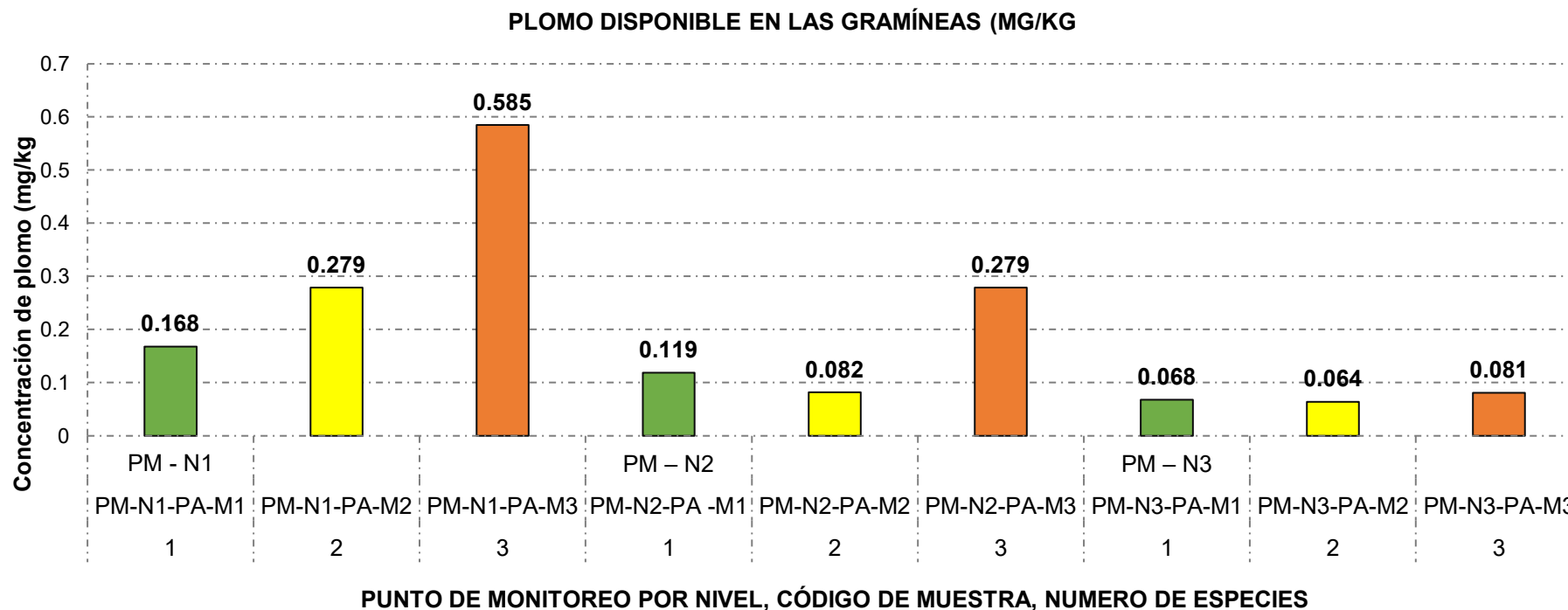
N.º	CÓDIGO DE MUESTRA	ESPECIE DE LA GRAMÍNEA	PUNTO DE MONITOREO POR NIVEL	ANÁLISIS QUÍMICO
				Pb Disponible (mg/kg)
1	PM-N1-PA-M1	Siso menudo (Philoglossa minuloides)	PM - N1	0.168
2	PM-N1-PA-M2	Papiro o junco (Cyperus simplex)	PM - N1	0.279
3	PM-N1-PA-M3	Marmaquilla (Ageratina azangaroensis)	PM - N1	0.585
4	PM-N2-PA -M1	Siso menudo (Philoglossa minuloides)	PM – N2	0.119
5	PM-N2-PA-M2	Papiro o junco (Cyperus simplex)	PM – N2	0.082
6	PM-N2-PA-M3	Marmaquilla (Ageratina azangaroensis)	PM – N2	0.279
7	PM-N3-PA-M1	Siso menudo (Philoglossa minuloides)	PM – N3	0.068
8	PM-N3-PA-M2	Papiro o junco (Cyperus simplex)	PM – N3	0.064
9	PM-N3-PA-M3	Marmaquilla (Ageratina azangaroensis)	PM – N3	0.081

Nota. Se presenta los resultados del análisis de Pb en las muestras de gramíneas analizadas, Esto de acuerdo a los resultados de laboratorio (Informe de Ensayo de Recibo N° 69604 (16/04/2025) del laboratorio de Análisis de Suelo de la UNAS) véase anexo 13. Donde: * PM: Punto de monitoreo; N1: Nivel 1 - Dentro del botadero Huishca; N2: Nivel 2 - De 0 a 10 metros del botadero; N3: Nivel 3 - De 15 a 20 metros del botadero; PA: Planta; M1: Muestra 1; M2: Muestra 2; M3: Muestra 3; Pb: Plomo; mg/kg: un miligramo por kilogramo.

Descripción: Se presentan los resultados obtenidos del análisis de plomo en las muestras de gramíneas analizados siendo, los resultados los siguientes: Para PM-N1-PA-M1 (Siso menudo) 0.168 mg/kg; PM-N1-PA-M2 (Papiro) 0.279 mg/kg; PM-N1-PA-M3 (Marmaquilla) 0.585 mg/kg; PM-N2-PA-M1 (Siso menudo) 0.119 mg/kg; PM-N2-PA-M2 (Papiro) 0.082 mg/kg; PM-N2-PA-M3 (Marmaquilla) 0.279 mg/kg; PM-N3-PA-M1 (Siso menudo) 0.068 mg/kg; PM-N3-PA-M2 (Papiro) 0.064 mg/kg; PM-N3-PA-M3 (Marmaquilla) 0.081 mg/kg.

Figura 9

Concentración de plomo disponible en las muestras de gramíneas



Nota. Presenta la concentración de plomo en las muestras de gramíneas por nivel y según su codificación.

Descripción: La figura 9, presenta los resultados de la concentración de plomo en las muestras de gramíneas por nivel y según su codificación, donde se evidencia que la muestra de código PM-N1-PA-M3 (Marmaquilla) con 0.585 mg/kg, presenta el valor más alto, así mismo el PM-N3-PA-M2 (Papiro) con 0.064 mg/kg, presenta el valor más bajo.

Tabla 15

Porcentaje de fitoextracción del cadmio en las gramíneas en comparación al valor inicial de cadmio en el suelo

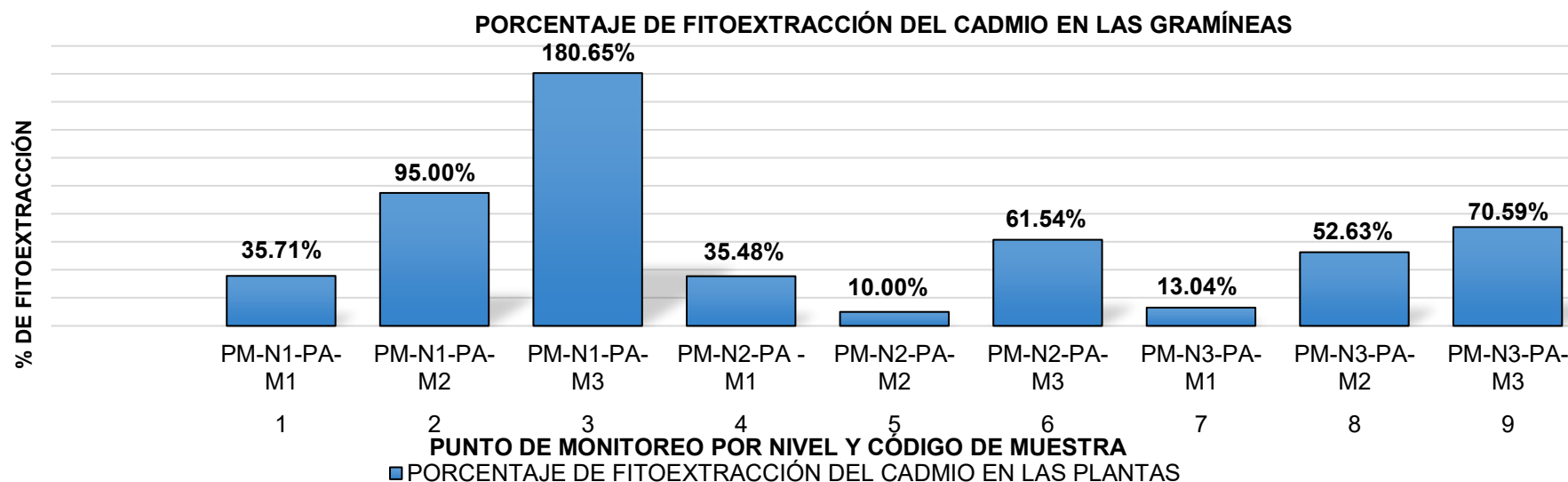
N.º	CÓDIGO DE MUESTRA DE SUELO	CÓDIGO DE MUESTRA DE GRAMÍNEA	ESPECIE DE LA GRAMÍNEA	ANÁLISIS QUÍMICO		PORCENTAJE DE FITOEXTRACCIÓN DE CD EN LAS GRAMÍNEAS*	BCF DE CADMIO	% TR
				CD Disponible en el suelo (PPM)	CD Disponible en las gramíneas (mg/Kg)			
1	PM-N1-SU-M1	PM-N1-PA-M1	Siso menudo	0.014	0.005	35.71%	0.357	35.71
2	PM-N1-SU-M2	PM-N1-PA-M2	Papiro o junco	0.020	0.019	95.00%	0.950	95.00
3	PM-N1-SU-M3	PM-N1-PA-M3	Marmaquilla	0.031	0.056	180.65%	1.806	180.65
4	PM-N2-SU-M1	PM-N2-PA -M1	Siso menudo	0.031	0.011	35.48%	0.355	35.48
5	PM-N2-SU-M2	PM-N2-PA-M2	Papiro o junco	0.030	0.003	10.00%	0.100	10.00
6	PM-N2-SU-M3	PM-N2-PA-M3	Marmaquilla	0.026	0.016	61.54%	0.615	61.54
7	PM-N3-SU-M1	PM-N3-PA-M1	Siso menudo	0.023	0.003	13.04%	0.130	13.04
8	PM-N3-SU-M2	PM-N3-PA-M2	Papiro o junco	0.019	0.010	52.63%	0.526	52.63
9	PM-N3-SU-M3	PM-N3-PA-M3	Marmaquilla	0.017	0.012	70.59%	0.706	70.59

Nota. Porcentaje de fitoextracción del cadmio en las gramíneas en comparación al valor inicial de cambio en el suelo, esto de acuerdo a los resultados de laboratorio (Informe de Ensayo de Recibo N° 69604 (16/04/2025) del laboratorio de Análisis de Suelo de la UNAS) véase anexo 13. Donde: * PM: Punto de monitoreo; N1: Nivel 1 - Dentro del botadero Huishca; N2: Nivel 2 - De 0 a 10 metros del botadero; N3: Nivel 3 - De 15 a 20 metros del botadero; SU: Suelo; PA: Planta; M1: Muestra 1; M2: Muestra 2; M3: Muestra 3; Cd: Cadmio; mg/kg: un miligramo por kilogramo; ppm: Parte por millón; 1 ppm = 1 mg/kg; * La fórmula del % de fitoextracción y calculo se presenta en el anexo 14 y 15. BCF: Factor de bioconcentración, su fórmula y cálculo del mismo se presentan en el anexo 17. * % TR: Movilidad y porcentaje de transferencia su cálculo y formula se presenta en el anexo 19.

Descripción: Se presentan el porcentaje de fitoextracción del cadmio en las gramíneas en comparación al valor inicial de cadmio en el suelo, siendo el PM-N1-PA-M3 (Marmaquilla) el que presenta un 180.65% de absorción, seguido por el PM-N1-PA-M2 (Papiro) con un 95.00%, así mismo el valor más bajo fue PM-N2-PA-M2 (Papiro) con 10.00%. Por lo que cabe indicar que las gramíneas muestran distintos % de remoción de cadmio, que varía por especie de planta y por nivel de muestreo. Un BCF > 1: Indica que la planta acumula el contaminante en mayor cantidad que la presente en el suelo, lo que es deseable para la fitoextracción. Así mismo un % TR mayor a 100 son gramíneas clasificadas como acumuladoras y de 80 a 100 son tolerantes.

Figura 10

Porcentaje de fitoextracción de cadmio en las gramíneas



Nota. Presenta los resultados del % de fitoextracción de cadmio en las gramíneas por nivel y según su codificación.

Descripción: La figura 10, presenta el % de fitoextracción de cadmio en las gramíneas por nivel y según su codificación, donde se evidencia que la muestra de código PM-N1-PA-M3 (Marmaquilla) con 180.65%, presenta el valor más alto, así mismo el PM-N2-PA-M2 (Papiro) con 10.00%, presenta el valor más bajo.

Tabla 16

Porcentaje de fitoextracción del plomo en las gramíneas en comparación al valor inicial de plomo en el suelo

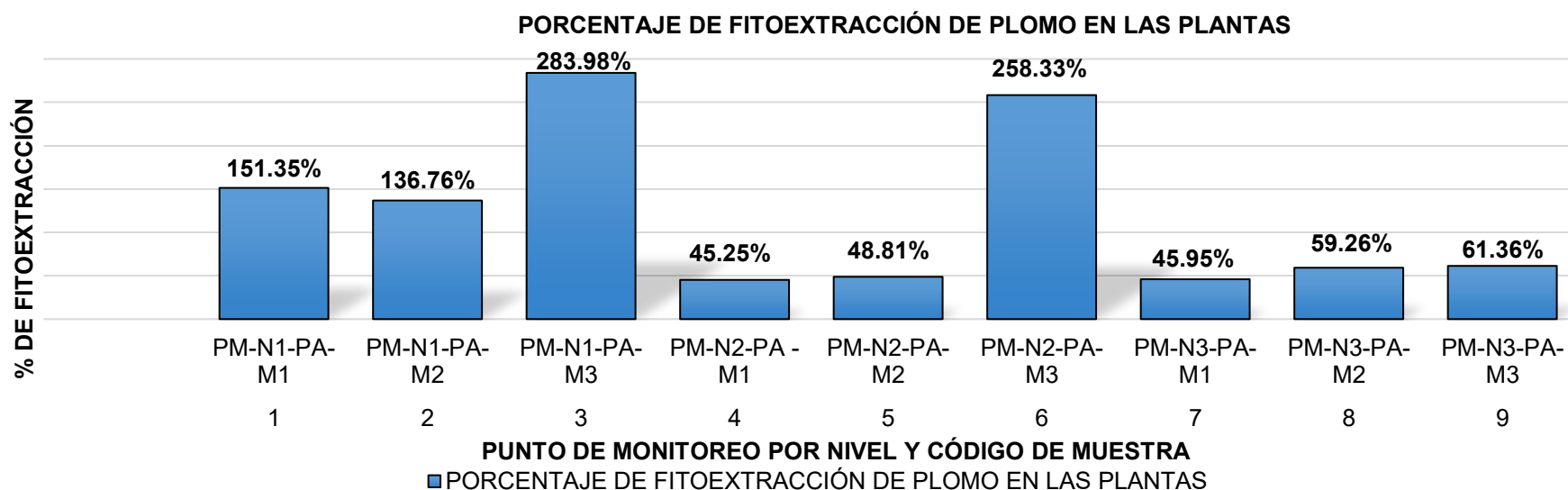
N.º	CÓDIGO DE	CÓDIGO DE	ESPECIE DE	ANÁLISIS QUÍMICO		PORCENTAJE DE		
	MUESTRA DE SUELO	MUESTRA DE GRAMÍNEA	LA GRAMÍNEA	PB Disponible en el suelo (PPM)	PB Disponible en las gramíneas (MG/KG)	FITOEXTRACCIÓN DE PLOMO EN LAS GRAMÍNEAS*	BCF	% TR
1	PM-N1-SU-M1	PM-N1-PA-M1	Siso menudo	0.111	0.168	151.35%	1.51	151.35
2	PM-N1-SU-M2	PM-N1-PA-M2	Papiro o junco	0.204	0.279	136.76%	1.37	136.76
3	PM-N1-SU-M3	PM-N1-PA-M3	Marmaquilla	0.206	0.585	283.98%	2.84	283.98
4	PM-N2-SU-M1	PM-N2-PA -M1	Siso menudo	0.263	0.119	45.25%	0.45	45.25
5	PM-N2-SU-M2	PM-N2-PA-M2	Papiro o junco	0.168	0.082	48.81%	0.49	48.81
6	PM-N2-SU-M3	PM-N2-PA-M3	Marmaquilla	0.108	0.279	258.33%	2.58	258.33
7	PM-N3-SU-M1	PM-N3-PA-M1	Siso menudo	0.148	0.068	45.95%	0.46	45.95
8	PM-N3-SU-M2	PM-N3-PA-M2	Papiro o junco	0.108	0.064	59.26%	0.59	59.26
9	PM-N3-SU-M3	PM-N3-PA-M3	Marmaquilla	0.132	0.081	61.36%	0.61	61.36

Nota. Porcentaje de fitoextracción del plomo en las gramíneas en comparación al valor inicial de plomo en el suelo, Esto de acuerdo a los resultados de laboratorio (Informe de Ensayo de Recibo N° 69604 (16/04/2025) del laboratorio de Análisis de Suelo de la UNAS) véase anexo 13. Donde: * PM: Punto de monitoreo; N1: Nivel 1 - Dentro del botadero Huishca; N2: Nivel 2 - De 0 a 10 metros del botadero; N3: Nivel 3 - De 15 a 20 metros del botadero; SU: Suelo; PA: Planta; M1: Muestra 1; M2: Muestra 2; M3: Muestra 3; Pb: Plomo; mg/kg: un miligramo por kilogramo; ppm: Parte por millón; 1 ppm = 1 mg/kg; * La fórmula del % de fitoextracción y calculo se presenta en el anexo 14 y 16. * BCF: Factor de bioconcentración, su fórmula y cálculo del mismo se presentan en el anexo 18. * % TR: Movilidad y porcentaje de transferencia su cálculo y formula se presenta en el anexo 20.

Descripción: Se presentan el porcentaje de fitoextracción del cadmio en las gramíneas en comparación al valor inicial de cadmio en el suelo, siendo el PM-N1-PA-M3 (Marmaquilla) el que presenta un 283.98% de absorción, seguido por el PM-N2-PA-M3 (Marmaquilla) con un 258.33%, así mismo el valor más bajo fue PM-N2-PA-M1 (Siso menudo) con 45.25%. Por lo que cabe indicar que las gramíneas muestran distintos % de remoción de plomo, que varía por especie de planta y por nivel de muestreo. Un BCF > 1: Indica que la planta acumula el contaminante en mayor cantidad que la presente en el suelo, lo que es deseable para la fitoextracción. Así mismo un % TR mayor a 100 son gramíneas clasificadas como acumuladoras y de 80 a 100 son tolerantes.

Figura 11

Porcentaje de fitoextracción de plomo en las gramíneas



Nota. Presenta los resultados del % de fitoextracción de plomo en las gramíneas por nivel y según su codificación.

Descripción: La figura 11, presenta el % de fitoextracción de plomo en las gramíneas por nivel y según su codificación, donde se evidencia que la muestra de código PM-N1-PA-M3 (Marmaquilla) con 283.98%, presenta el valor más alto, así mismo el PM-N2-PA-M1 (Siso menudo) con 45.25%, presenta el valor más bajo.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para contrastar la hipótesis, se llevó a cabo la prueba de normalidad, y la prueba no paramétrica (Kolmogorov–Smirnov) y complementariamente de manera descriptiva en función de la hipótesis general y específica.

a) Prueba de normalidad

Tabla 17

Prueba de normalidad en las mediciones usando la prueba de Shapiro-Wilk

PRUEBA DE NORMALIDAD				
Parámetros	Fuente	SHAPIRO-WILK		
		Estadístico	gl	Sig.
Cd	Suelo	0.917	9	0.370
	Planta	0.703	9	0.002
Pb	Suelo	0.895	9	0.224
	Planta	0.771	9	0.009

Nota. Se muestra la prueba de normalidad basándose en los resultados de laboratorio por parámetros de estudio.

Descripción: La tabla 17 muestra la prueba de normalidad de los resultados según a los parámetros de estudio (Cd y Pb), por lo que se consideró los valores de la Sig. de Shapiro-Wilk (unidades analizadas menores a 50), donde se observa el valor de Sig, de los parámetros (Cd y Pb) el 50.00% de los datos no siguen una distribución normal (Sig. < a 0.05), por lo que toco para dichos parámetros realizar la prueba no paramétricas (Kolmogorov–Smirnov).

b) Prueba no paramétrica:

Tabla 18

Prueba de Kolmogorov–Smirnov de los parámetros de estudio

	HIPOTESIS NULA	PRUEBA	SIG.	DECISIÓN
1	La distribución de CD es la misma entre las categorías de FUENTE.	Prueba de Kolmogorov–Smirnov para muestras independientes	0.037	Rechace la hipótesis nula
2	La distribución de PB es la misma entre las categorías de FUENTE.	Prueba de Kolmogorov–Smirnov para muestras independientes	0.336	Conserve la hipótesis nula

Nota. Presenta la prueba de Kolmogorov–Smirnov de los parámetros (Cd y Pb). Donde: * Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es 0.05.

Descripción: La tabla 18, presenta el resultado de la prueba de Kolmogorov–Smirnov de los parámetros de estudio:

- Se indica que el valor de Sig. (Significancia) para Pb es (0.336) es mayor a 0.05 por lo tanto no existe diferencia estadística significativa al 5 %, entre los puntos de muestreo (suelo y gramíneas), por lo que se refiere que la distribución de Pb es la misma entre las categorías de fuente, y se conserva la hipótesis nula. Por otro lado, valor de Sig. para Cd es (0.037) es menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia estadística significativa al 5 %, entre los puntos de muestreo (suelo y gramíneas), por lo que se refiere que la distribución de Pb es la misma entre las categorías de fuente, y con ello se rechaza la hipótesis nula. Por lo que cabe recalcar que ello es de acuerdo a la prueba no paramétrica realizada (Kolmogorov–Smirnov) tabla 18.

c) Análisis descriptivo

Para contrastar las hipótesis de manera descriptiva no se utilizó una prueba estadística, considerando que la investigación fue no experimental, por tanto, se usó los resultados que se obtuvo del análisis de laboratorio con la cual se contrastó con el ECA para suelo, aprobado por el D.S. N.º 011-2017-MINAM. El contraste fue realizado en consideración de la hipótesis general.

4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

Ha: Las gramíneas perennes fito extraen metales pesados de un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.

Ho: Las gramíneas perennes no fito extraen metales pesados de un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.

• **Interpretación:** Considerando la hipótesis propuesta y los resultados obtenido de laboratorio, de los parámetros metales pesados (Cd y Pb), analizados en las muestras de suelo y plantas obtenidos de los puntos de monitoreo establecidos, la tabla 15 y 16 muestra el % de la fitoextracción, BCF y % TR de Cd y Pb respectivamente, para corroborar ello véase la tabla 15, 16, y las figuras 10 y 11.

Descripción: Por lo que, de acuerdo a lo descrito en el párrafo anterior, se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza su hipótesis nula (Ho); ya que las gramíneas perennes analizados muestran distintos porcentajes de fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb) del suelo degradado (botadero Huishca).

4.2.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA

HE1: El suelo de un área degradada (botadero Huishca) distrito de Huácar, presenta concentraciones de metales pesados (Cd y Pb) en todos los niveles (N1, N2 y N3) establecidos para el estudio.

HE01: El suelo de un área degradada (botadero Huishca) distrito de Huácar, no presenta concentraciones de metales pesados (Cd y Pb) en todos los niveles (N1, N2 y N3) establecidos para el estudio.

• **Interpretación:** Considerando la hipótesis específica propuesta y los resultados obtenidos de laboratorio, de los parámetros metales pesados (Cd y Pb), analizados en las muestras de suelo obtenidos de los puntos de monitoreo establecidos en los distintos niveles (N1, N2 y N3) la tabla 11 y 12 muestra la concentración de Cd y Pb respectivamente, para corroborar ello véase la tabla 11 y 12, y las figuras 6 y 7.

Descripción: Por lo que, de acuerdo a lo descrito en el párrafo anterior, se acepta la hipótesis específica 1 (HE1) y se rechaza su hipótesis nula (HE01); ya que en el suelo de un área degradada (botadero Huishca) muestreado en los distintos niveles (N1, N2 y N3) presentan distintas concentraciones de Cd y Pb.

HE2: Existen distintas especies de gramíneas perennes en el suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar.

HE02: No existen distintas especies de gramíneas perennes en el suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar.

• **Interpretación:** Considerando la hipótesis específica propuesta y los resultados obtenidos de laboratorio, las muestras de gramíneas (gramíneas perennes) obtenidos de los puntos de monitoreo establecidos, son distintas presentándose 3 especies en el estudio la tabla 13 y 14 presenta los resultados, para corroborar ello véase la tabla 13, 14, y las figuras 8 y 9.

Descripción: Por lo que, de acuerdo a lo descrito en el párrafo anterior, se acepta la hipótesis específica 2 (HE2) y se rechaza su hipótesis nula (HE02); ya que en las gramíneas muestreadas y analizadas (gramíneas perennes del botadero Huishca y alrededores) presentan distintos niveles de concentración de Cd y Pb.

HE3: Las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, presentan distintos % de fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb).

HE02: Las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, no presentan distintos % de fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb).

• **Interpretación:** Considerando la hipótesis específica propuesta y los resultados obtenidos de laboratorio, de los parámetros metales pesados (Cd y Pb), analizados en las muestras de suelo y gramíneas (gramíneas perennes) obtenidos de los puntos de monitoreo establecidos, la tabla 15 y 16 presenta los resultados % de fitoextracción, BCF y % TR de Cd y Pb en gramíneas, para corroborar ello véase la tabla 15, 16, y las figuras 10 y 11.

Descripción: Por lo que, de acuerdo a lo descrito en el párrafo anterior, se acepta la hipótesis específica 2 (HE3) y se rechaza su hipótesis nula (HE03); ya que las gramíneas perennes analizados muestran distintos porcentajes de fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb) del suelo de un área degradada (botadero Huishca).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las muestras de suelo y gramíneas perennes en los puntos de monitoreo, presentan bajos niveles de Cd y Pb por lo que en cuanto al suelo no sobrepasan el ECA para suelo agrícola; por lo que se analiza lo siguiente de acuerdo a los objetivos de la investigación:

5.1. METALES PESADOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE SUELO Y DE LAS GRAMÍNEAS ANALIZADAS

Los resultados de laboratorio del análisis de metales pesados (Pb y Cd) de las muestras de suelo y gramíneas de acuerdo al nivel y punto de monitoreo; se presentan en las tablas del 11 al 16 y las figuras del 6 al 11.

a) De acuerdo al objeto de investigación: Los mejores niveles de fitoextracción de Cd y Pb de las gramíneas perennes del suelo degradado del botadero Huishca, de acuerdo a su porcentaje fueron los siguientes:

- Siso menudo (gramínea perenne 1) tuvo un porcentaje de fitoextracción de 35.71 % para (Cd) y 151.35% para (Pb); Papiro o junco (gramínea perenne 2) tuvo un porcentaje de fitoextracción de 95.00 % para (Cd) y 136.76% para (Pb); Marmaquilla (gramínea perenne 3) tuvo un porcentaje de fitoextracción de 180.65 % para (Cd) y 283.98% para (Pb).
- Al respecto Mendoza, L., y Lannacone, J. (2021) en su investigación experimental Evaluación eco tóxica de suelos contaminados con residuos municipales en un botadero, donde establecido 4 puntos de monitoreo, hallando en el punto CA-SU-01 (Cd 0.61, As 8.37) concluyendo que el suelo del botadero está contaminado por metales pesados, la misma que es concordante con la investigación.
- Carrillo, M., y Solórzano, M. (2020) en su investigación experimental pudo hallar la concentración de cadmio en el suelo fue 3.4651 ppm, para plomo 15.0368. Conclusión: Los niveles de concentración de Cd, Ni, Pb y Zn en suelos se encuentran todos bajo los límites normativos, por lo que no representan un riesgo para la aptitud de suelos para la agricultura en la

zona. La misma es concordante con la investigación ya que los niveles de pb y cd que se halló en el suelo de un área degradada no sobre paso el ECA, para suelo agrícola. Contreras, E. et al. (2023) en su investigación descriptiva logro obtener los siguientes resultados en las muestras obtenidas en el área de influencia directa del botadero para Pb 4.90 mg/kg, As 68.75 mg/kg, donde concluyo que el Pb en los puntos de muestreo mostraron niveles menores al LMP, en cuanto al As se obtuvieron niveles de 37.50 y 20.80 % mayores al LMP. Al igual que Pacompia, T. (2023) aplicada y descriptiva de Efecto por lixiviados del botadero municipal en el suelo por metales pesados, donde obtuvo lo siguientes resultados para: (As 33.8, Cd, 0.7347, Hg < 0.010, Pb 59.36) concluyendo que los niveles en los suelos no sobrepasan el ECA, para suelo agrícola.

- Pilco, N. (2021) en su investigación aplicada de nivel descriptivo influencia de los lixiviados en la concentración de metales pesados del suelo del botadero municipal de Moyobamba, obtuvo los siguientes resultados para: As 33.8, Cd 1.12 ppm, As 25.23 ppm, Pb 32.5 ppm, por lo que concluyo os niveles de concentración de cadmio (Cd), arsénico (As) y plomo (Pb) en los tres puntos de muestreos no superaron el ECA establecido para suelos agrícolas. Por su parte Rufino, V. (2019) en su investigación aplicada de diseño descriptivo donde estudio la calidad de suelo del botadero la Muyuna, donde obtuvo los siguientes resultados para cd 14.5 ppm; Pb 274.5 ppm. El mismo que concluyo que en el suelo se evidencio acumulación de metales pesados por la acumulación de los residuos sólidos.
- Salazar, et al. (2021) en su investigación estudio la movilidad de metales pesados del suelo al pasto (*Kikuyocloa clandestinum* y *Brachiara brizantha*), hallando como él % de transferencia en promedio para las plantas y para el Zn (24.75%) y Ca (37.04%), y una baja transferencia para el Mn (1.85%), Fe (1.35%) y Cu (4.35%) refiriendo que las plantas que presentan un % TR de 10 a 80 son gramíneas clasificadas como tolerantes y las plantas que presentan un % TR menor a 10 son gramíneas clasificadas como exclusoras. Concordante con la presente investigación ya que se halló distintos % TR (transferencia) de Plomo (Pb) siendo los

valores más altos para Siso menudo 151.35 %, Papiro o junco 136.76, Marmaquilla 283.98 %, y los % TR (transferencia) de Cadmio (Cd) más altos fueron para Marmaquilla 180.65 %, Papiro o junco 95.00 % y Siso menudo 35.71 %. Con ello refiriendo que las plantas que presentan un % TR mayor a 100 son gramíneas clasificadas como acumuladoras. y los que presentan un % TR de 10 a 80 son gramíneas clasificadas como tolerantes.

- Fernández, A. (2019) en su investigación aplicada y descriptiva, donde estudio especies vegetales nativas acumuladoras de cadmio, donde obtuvo los siguientes resultados del factor bioacumulación (BCF) para Cd en *Cyperus simplex* 1.33 y en el *Cyathula prostrata* 3.52, refiriendo que las plantas que presentan un BCF mayor a 1 (>1) son gramíneas clasificadas como acumuladoras. Así mismo Follegatti, L. (2023) en su tesis aplicada y explicativo obtuvo para la concentración de metales pesados en el pasto de ganadería los siguientes resultados para Pb 0.12, Cd 0.16. Concordante con los resultados hallados en la presente investigación para el factor de bioconcentración (BFC) de plomo (Pb) siendo los valores más altos en las siguientes gramíneas Marmaquilla 2.84, Siso menudo 1.51, Papiro o junco 1.37, y los valores más altos en cuanto al Cadmio (Cd) fueron para Marmaquilla 1.806, Papiro o junco 0.95 y Siso menudo 0.357. Con ello refiriendo que las plantas que presentan un BFC mayor a 1 son gramíneas clasificadas como acumuladoras, los que presentan un BFC de 0.1 a 1 son gramíneas clasificadas como tolerantes y las plantas que presentan un BFC menor de 0.1 a 1 son gramíneas clasificadas como exclusoras.

Se refiere que todos los autores mencionados obtuvieron resultados similares, ya que de acuerdo a sus resultados hallados demostraron que los suelos de áreas degradadas por residuos sólidos contienen metales pesados como (Cd, As, Pb) así mismo las gramíneas perennes que estudiaron contenían metales pesados, los mismos que son concordantes con los resultados hallados en la investigación.

CONCLUSIONES

Al culminar la investigación, se realizó las siguientes conclusiones, de acuerdo a los objetivos de estudio:

De acuerdo al objetivo general:

- a)** Los niveles más altos de la fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb) por las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025, fueron los siguientes:
- Siso menudo (gramínea perenne 1) tuvo un porcentaje de fitoextracción de 35.71 % para (Cd) y 151.35% para (Pb) ambas se dieron en el nivel 1 (Nivel 1 - Dentro del botadero Huishca) véase tabla 15 y 16.
 - Papiro o junco (gramínea perenne 2) tuvo un porcentaje de fitoextracción de 95.00 % para (Cd) y 136.76% para (Pb) ambas en el nivel 1.
 - Marmaquilla (gramínea perenne 3) tuvo un porcentaje de fitoextracción de 180.65 % para (Cd) y 283.98% para (Pb) ambas en el nivel 1.

De acuerdo a los objetivos específicos:

- b)** Los metales pesados (Cd y Pb) están presentes en el suelo degradado (botadero Huishca) en distintos niveles siendo los siguientes:
- Promedio del nivel 1 del Cd (0.022 ppm) y Pb (0.174 ppm).
 - Promedio del nivel 2 (Nivel 2: de 0 a 10 metros del botadero) del Cd (0.029 ppm) y Pb (0.180 ppm).
 - Promedio del nivel 3 (Nivel 3: de 15 a 20 metros del botadero) del Cd (0.020 ppm) y Pb (0.129 ppm).
- c)** Las gramíneas perennes en el suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, fueron los siguientes:
- Siso menudo (*Philoglossa minuloides*).
 - Papiro o junco (*Cyperus simplex*).
 - Marmaquilla (*Ageratina azangaroensis*).
- d)** Las gramíneas perennes analizados muestran distintos porcentajes de fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb) del suelo degradado (botadero Huishca).
- e)** Ningún resultado obtenido de Cd y Pb en el suelo degradado (botadero Huishca) no sobrepasan el ECA, para suelo agrícola.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para investigaciones similares aumentar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para un estudio detallado.
- Se recomienda realizar el muestreo de suelo de acuerdo a la guía para el muestreo de suelo (MINAM, 2014).
- Se recomienda realizar el muestreo de suelo de las raíces de las gramíneas perennes previamente muestreadas.
- Se recomienda contar con la autorización de la autoridad que administra el área degradada por residuos sólidos (botadero) previo al trabajo en campo correspondiente a la ejecución de la investigación.
- Se recomienda realizar estudios complementarios que mitiguen la problemática de la contaminación del suelo por metales pesados.
- Se recomienda fortalecer las investigaciones locales sobre la remoción de metales pesados en los suelos agrícolas.
- A las autoridades competentes se recomienda, realizar monitoreos periódicos de los componentes ambientales (agua, aire suelo) que están dentro del área de influencia directa e indirecta de un área degradada por residuos sólidos (botaderos).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, J., Calvo, V., R D, y López, V. (2014). Problemática de residuos sólidos en Huánuco. Boletín informativo. Boletín salud ambiental. Dirección ejecutiva de salud ambiental – DIRESA. Huánuco. Perú. Pp 4. <https://www.minsa.gob.pe/diresahuanuco/SAMBIENTAL/2014/RESIDUOS.pdf>
- Carrillo, M., y Solórzano, M. (2020). Evaluación de la concentración de metales pesados: cadmio, níquel, plomo y zinc, en zonas aledañas al relleno sanitario del municipio de Texistepeque, Santa Ana, El Salvador. [Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de Ingeniero Químico] Universidad De El Salvador, San Salvador - República de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22299/>
- Contreras, E., Saez, M., Sumarriva, L., Chávez, N., y Yaulilahua, R. (2023). Concentración de metales pesados plomo y arsénico en el botadero de Mollebamba, Huancavelica. ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Enero-abril 2023 / Volumen 7, Número 19, pp. 64 – 71. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.198>
- De, C. (2002, February 16). familia de plantas herbáceas perteneciente al orden Poales de las monocotiledóneas. Wikipedia.org; Wikimedia Foundation, Inc. <https://es.wikipedia.org/wiki/Poaceae>
- Delgadillo-López, Angélica Evelin, Abelardo, G.-R. C., Prieto-García, F., Roberto, V.-I. J., & Acevedo-Sandoval, O. (2025). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14(2), 597–612. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002#:~:text=La%20fitovolatilizaci%C3%B3n%20se%20produce%20a,Prasad%20y%20Freitas%2C%202003\)](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002#:~:text=La%20fitovolatilizaci%C3%B3n%20se%20produce%20a,Prasad%20y%20Freitas%2C%202003))
- FAO y PNUMA. (2022). Evaluación mundial de la contaminación del suelo – Resumen para los formuladores de políticas. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4827es>
- Félix, H., Moreno, García, E., León, V., Feliciano, B., Paredes, & Costilla Sánchez, N. (2021). Phytoextraction of Pb and Cd, present in agricultural soils

- contaminated by heavy metals by the foxtail *Lolium multiflorum* L. (Poaceae) Félix Huaranga Arévalo. *Arnaldoa*, 28(1), 149–162. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.281.28109>
- Fernández, A. (2019). Identificación de especies vegetales nativas acumuladoras de cadmio en el caserío de Picuruyacu Alto, distrito de Castillo Grande, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco. [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental] Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María – Perú. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1594>
- Fernández (s.f.). Contaminación de suelos por metales pesados 2024. Infoagro.com. https://www.infoagro.com/abonos/contaminacion_suelos_metales_pesados.htm
- Follegatti, L. (2023). Metales pesados en agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca producida en la provincia de Leoncio Prado 2022. [Tesis para optar el grado de doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible] Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco – Perú. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/9240>
- Hernández, S.; Fernández, C.; y Baptista L. P. (2014). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. <https://earth.google.com/web/>
- Innova Ambiental. (2018, September 19). La crisis de los botaderos en el Perú | Innova Ambiental. Innova.com.pe. <https://innova.com.pe/la-crisis-de-los-botaderos-en-el-peru/>
- Juste, I. (2017, November 21). Contaminación del suelo: causas, consecuencias y soluciones. Ecologiaverde.com; Ecologiaverde.com. <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-del-suelo-causas-consecuencias-y-soluciones-285.html>
- Mendoza, L., y Iannacone, J. (2021). Evaluación ecotóxica de suelos contaminados con residuos municipales de un botadero en Eisenia fétida. *Ciencia del Suelo* (Argentina) 39 (2): 358-367, 2021. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22299/>
- Mendoza, B., Torres, D., Marcó, C., Gómez, M., Estanga, Y., y García, O. “Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes

- sistemas de labranza”, TecnoLógicas, vol. 24, nro. 51, e1738, 2021.
<https://doi.org/10.22430/22565337.1738>
- Mendoza-López, K. L., Mostacero-León, J., López-Medina, S. E., Gil-Rivero, A. E., Anthony, J., & Villena-Zapata, L. (2021). Cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L. "cacao" en la región San Martín (Lamas), Perú. *Manglar*, 18(2), 169- 173.
- Metales Pesados - Definición, características, propiedades y tipos. (2023, January 9). Organizadoresgraficos.org.
<https://www.organizadoresgraficos.org/metales-pesados/>
- MINAM. (2005). Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- MINAM (2014). Guía para el muestreo de suelos en el marco del D.S. N° 002 – 2013 MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.
- MINAM (2017). D.S. N° 012-2017 – MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
- MINAM (2017). Decreto Legislativo N.° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
<https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3610-1278>
- MINAM (2019). Guía para la formulación del plan de recuperación de áreas degradadas por residuos sólidos municipales.
<https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279472-guia-para-la-formulacion-del-plan-de-recuperacion-de-areas-degradadas-por-residuos-solidos-municipales>
- MINAM. (2022). Decreto Supremo N.° 001-2022-MINAM, Decreto Supremo que modifica el Reglamento del Decreto Legislativo N.° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado mediante Decreto Supremo N.° 014-2017-MINAM, y el Reglamento de la Ley N.° 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores, aprobado mediante Decreto Supremo N° 005-2010-MINAM.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2713189/DS.%20001-2022-MINAM.pdf.pdf?v=1641780394>
- Moliné, M. (2003, April 8). La fitoextracción y la Fitoestabilización en la recuperación de suelos. Bitácora Almendrán.

<https://www.almendron.com/blog/la-fitoextraccion-y-la-fitoestabilizacion-en-la-recuperacion-de-suelos/>

Neuman, A. (2022). Fitoextracción de metales desde suelos contaminados: Una idea utópica. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile. Volumen 40, N.º 4. Páginas 2-5. IDESIA (Chile) Diciembre, 2022.

<https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v40n4/0718-3429-idesia-40-04-2.pdf>

Novillo, C. (2019, June 26). Qué es la degradación del suelo. Ecologiaverde.com; Ecologiaverde.com.

<https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-degradacion-del-suelo-2075.html>

Pacompia, T. (2023). Efecto por lixiviados del botadero municipal en el suelo por metales pesados distrito de llave -2023. [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental] Universidad Privada San Carlos; Puno – Perú.

<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/620?show=full>

Pilco, N. (2021). Determinación de la influencia de los lixiviados en la concentración de metales pesados del suelo del botadero municipal de Moyobamba, 2020. [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental] Universidad Nacional De San Martín -Tarapoto; Moyobamba – Perú.

<https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4040>

Rufino, V. (2019). Calidad de suelo como un indicador de contaminación en el botadero la Muyuna, distrito de Rupa Rupa, Provincia De Leoncio Prado. [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental] Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María – Perú.

<https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1799>

Salazar, A., Cubero, M., Durán, B. (2021). Movilidad de metales del suelo al pasto en la región norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense 44(1): 123-132. ISSN:0377-9424 / 2020. www.mag.go.cr/rev_agr/index.html

Sánchez, J. (s.f.). *Pastos: importancia y diversidad*. (2024). Umich.mx. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/370-numero-43/684-pastos-importancia-y-diversidad.html>

Tantalean, E. (2017). De la tesis titulada, “Distribución del contenido de cadmio en los diferentes órganos del cacao ccn-51 en suelo aluvial y

residual”, para optar el título profesional de: Ingeniero Agrónomo, en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú.

Supo, J. (2018). Seminario de investigación científica. Arequipa, Perú: bioestadística.

Wong, A. (2017). De la tesis titulada, “Determinación de cadmio (cd) en suelo de cultivo para cacao CCN-51 mediante análisis de espectroscopia de absorción atómica”, para optar el título profesional de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad de Guayaquil – Ecuador.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Aguirre Villanueva, W. (2025). *Evaluación de la fitoextracción con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	POBLACION Y MUESTRA
Problema general: ¿Cuál será el nivel de fito extracción de gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025?	General: Evaluar el nivel de fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb) con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.	General: Ha: Las gramíneas perennes fito extraen metales pesados de un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025. Ho: Las gramíneas perennes no fito extraen metales pesados de un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.	V. independiente: Suelo degradado (botadero Huishca).	Botadero Huishca.	Perímetro Años de funcionamiento Cantidad de residuos dispuestos al día Distancia	Población: La población de estudio correspondió al perímetro total del área que fue evaluada del ADRS (botadero Huishca), lo que constituye de 0 a 20 metros de distancia del ADRS, la misma que será el área de muestreo, con un aproximado de 1/4 Ha (hectárea). El ADRS se ubica en el distrito de Huácar, Provincia Ambo, departamento Huánuco.
Problemas Específicos: • ¿Los metales pesados (Cd y Pb) se encontrarán presentes en el suelo degradado del botadero Huishca, distrito	Específicos: • Determinar si los metales pesados (Cd y Pb) se encuentran presentes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito	Específicos: HE1: El suelo de un área degradada (botadero Huishca) distrito de Huácar, presenta concentraciones de metales pesados en todos los niveles (N1, N2 y N3) establecidos para el estudio. HE01: El suelo de un área degradada (botadero Huishca) distrito de Huácar, no presenta				

de Huácar, Huánuco 2025?	de Huácar, Huánuco 2025.	concentraciones de metales pesados en todos los niveles (N1, N2 y N3) establecidos para el estudio.		Concentración de metales pesados en el suelo (Parámetros químicos)	Pb y Cd	Muestra: Las muestras fueron las que se recolectó en campo, por lo que se realizó un muestreo no probabilístico del suelo y gramínea. La cual consistió en 3 muestras de suelo por nivel. Haciendo un total de 9, en cuanto a las gramíneas se obtuvo 3 muestras por nivel haciendo un total de 9 muestras. Todos pertenecientes al perímetro de estudio del ADRS (botadero Huishca).
¿Cuáles serán las gramíneas perennes en el suelo degradado del botadero Huishca, distrito de Huácar, Huánuco 2025? ¿Cuáles serán los porcentajes de fitoextracción de metales pesados (Cd y Pb) de las gramíneas perennes en el suelo degradado del botadero Huishca, distrito de Huácar, Huánuco 2025?	- Determinar las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025. - Determinar los porcentajes de fito extracción de metales pesados de las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, Huánuco 2025.	HE2: Existen distintas especies de gramíneas perennes en el suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar. HE02: No existen distintas especies de gramíneas perennes en el suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar. HE3: Las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, muestran distintos porcentajes de fito extracción de metales pesados. HE03: Las gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huishca) distrito de Huácar, no muestran distintos porcentajes de fito extracción de metales pesados.	V. dependiente: Fitoextracción de gramíneas perennes	Concentración de metales pesados en las gramíneas (Parámetros fisicoquímicos)	Especies (Philoglossa minuloides, Cyperus simplex, Ageratina azangaroensis) Población Pb y Cd	

Nota. El anexo 1, muestra la matriz de consistencia del proyecto de investigación la misma que contiene (Problema de investigación, Objetivos, Hipótesis, Variables, Dimensión, indicadores y población y muestra).

ANEXO 2

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



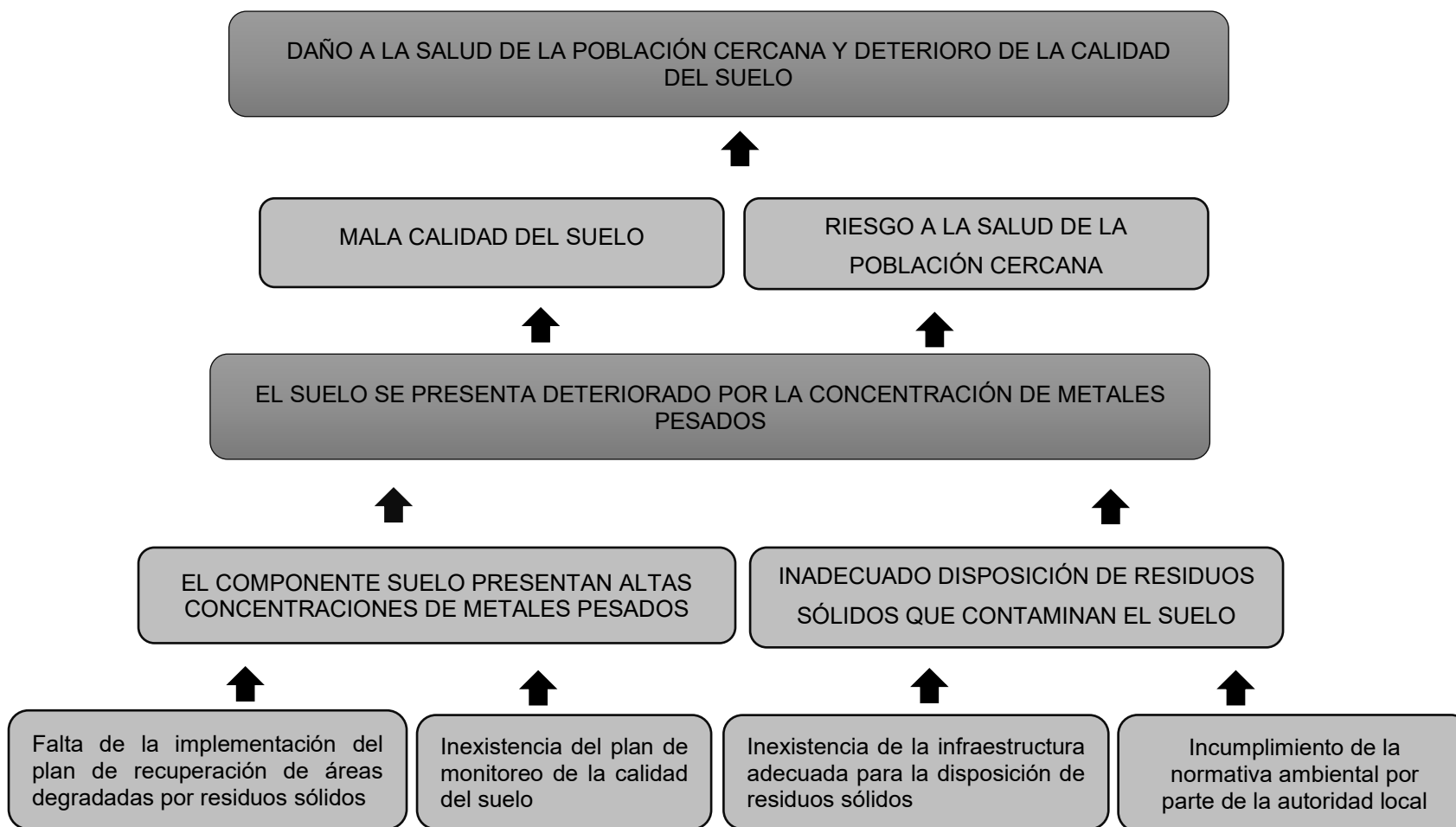
ANEXO 3

MAPA DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



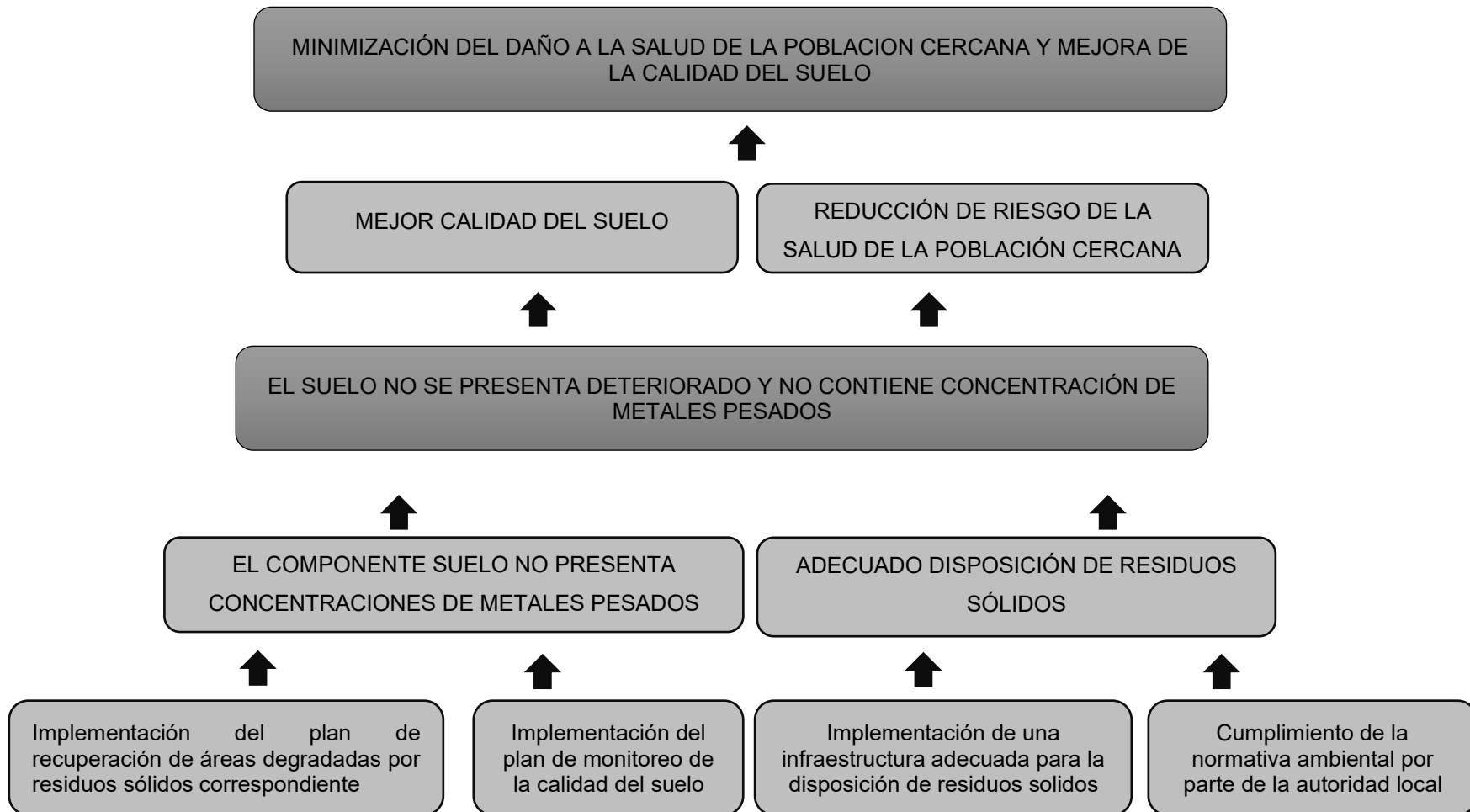
ANEXO 4

ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO



ANEXO 5

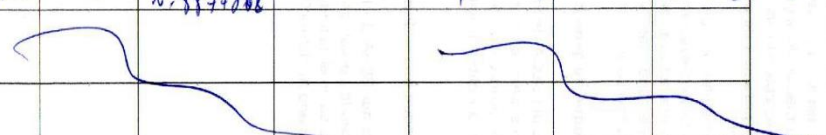
ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES

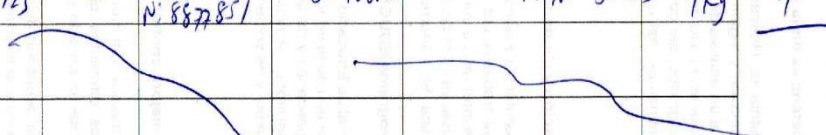


ANEXO 6

FICHA N° 1: FICHA DE MUESTREO DE SUELO POR NIVEL

FICHA N° 1: FICHA PARA MUESTREO DE SUELO POR NIVEL								
Título de la investigación: "EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DEGRADADO (BOTADERO HUACAR) DISTRITO DE HUÁCAR, HUÁNUCO 2024".								
Lugar donde se realiza la investigación: Botadero Huacar				Distrito: Huacar				
Provincia: Ambo				Departamento: HCO				
Muestreo de: Suelo								
FECHA Y HORA	NIVEL DE MUESTREO	COORDENADAS UTM DE LA ZONA	PROFUNDIDAD DE MUESTREO	N.° DE MUESTRA SIMPLE	CÓDIGO DE MUESTRA (S)	PESO DE LA MUESTRA	NUMERO DE MUESTRA COMPLEJA	CÓDIGO DE MUESTRA (C)
18/03/25	N 1	E: 362722 N: 8877830	0-10 cm	1	PM-NI-SU-M1	1 Kg	1	PM-NI-SU-M1
18/03/25	N 1	E: 362721 N: 8877843	0-10 cm	1	PM-NI-SU-M2	1 Kg	1	PM-NI-SU-M2
18/03/25	N 1	E: 362731 N: 8877835	0-10 cm	1	PM-NI-SU-M3	1 Kg	1	PM-NI-SU-M3
OBSERVACIONES: Las muestras de suelo se obtuvieron de las raíces de las plantas muestreadas para análisis								

FICHA N° 1: FICHA PARA MUESTREO DE SUELO POR NIVEL								
Título de la investigación: "EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DEGRADADO (BOTADERO HUÁCAR) DISTRITO DE HUÁCAR, HUÁNUCO 2024"								
Lugar donde se realiza la investigación: Botadero Huácar					Distrito: Huácar			
Provincia: Ambo					Departamento: HCO			
Muestreo de: Suelo								
FECHA Y HORA	NIVEL DE MUESTREO	COORDENADAS UTM DE LA ZONA	PROFUNDIDAD DE MUESTREO	N.º DE MUESTRA SIMPLE	CÓDIGO DE MUESTRA (S)	PESO DE LA MUESTRA	NUMERO DE MUESTRA COMPLEJA	CÓDIGO DE MUESTRA (C)
18/03/25	N3	E: 362748 N: 8877836	0-10cm	1	PM-N3-SU-M1	1kg	1	PM-N3-SU-M1
18/03/25	N3	E: 362735 N: 8877857	0-10cm	1	PM-N3-SU-M2	1kg	1	PM-N3-SU-M2
18/03/25	N3	E: 362726 N: 8877868	0-10cm	1	PM-N3-SU-M3	1kg	1	PM-N3-SU-M3
								
OBSERVACIONES: El suelo se muestro de las raíces de los portos previos a muestreos								

FICHA N° 1: FICHA PARA MUESTREO DE SUELO POR NIVEL								
Título de la investigación: "EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DEGRADADO (BOTADERO HUÁCAR) DISTRITO DE HUÁCAR, HUÁNUCO 2024"								
Lugar donde se realiza la investigación: Botadero Huácar					Distrito: Huácar			
Provincia: Ambo					Departamento: HCO			
Muestreo de: Suelo								
FECHA Y HORA	NIVEL DE MUESTREO	COORDENADAS UTM DE LA ZONA	PROFUNDIDAD DE MUESTREO	N.º DE MUESTRA SIMPLE	CÓDIGO DE MUESTRA (S)	PESO DE LA MUESTRA	NUMERO DE MUESTRA COMPLEJA	CÓDIGO DE MUESTRA (C)
18/03/25	N2	E: 362716 N: 8877855	0-10cm	—	PM-N2-SU-M1	1kg	1	PM-N2-SU-M1
18/03/25	N2	E: 362741 N: 8877832	0-10cm	—	PM-N2-SU-M2	1kg	1	PM-N2-SU-M2
18/03/25	N2	E: 362729 N: 8877851	0-10cm	—	PM-N2-SU-M3	1kg	1	PM-N2-SU-M3
								
OBSERVACIONES: Las muestras de suelo se obtuvieron de las raíces de los portos muestreados previamente								

ANEXO 7

FICHA N° 2: FICHA DE MUESTREO DE PASTO POR NIVEL

FICHA N° 2: FICHA PARA MUESTREO DE PASTO POR NIVEL								
Título de la investigación: "EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DEGRADADO (BOTADERO HUACASPATA) DISTRITO DE HUÁCAR, HUÁNUCO 2024".								
Lugar donde se realiza la investigación: Botadero Huashica				Distrito: Huácar				
Provincia: Ambo				Departamento: Nca				
Muestreo de: Pasto v.				Marmaguita				
Especie: 1) Siso menudo				2) Cypripis simplex		3) Agrostis cf. longuensis		
FECHA Y HORA	NIVEL DE MUESTREO	COORDENADAS UTM DE LA ZONA	POBLACIÓN	N.° DE MUESTRA SIMPLE	CÓDIGO DE MUESTRA (S)	PESO DE LA MUESTRA	NUMERO DE MUESTRA COMPLEJA	CÓDIGO DE MUESTRA (C)
18/03/25	1) N1	E: 367722 N: 8877830	Decenas	1	PM-N1-PA-M1	gr	1	PM-N1-PA-M1
18/03/25	2) N1	E: 367721 N: 8877843	Decenas	1	PM-N1-PA-M2	gr	1	PM-N1-PA-M2
18/03/25	3) N1	E: 367731 N: 8877835	Decenas	1	PM-N1-PA-M3	gr	1	PM-N1-PA-M3
OBSERVACIONES: Las muestras se tomaron de acuerdo al nivel siendo 3 metros y 3 distintos espesos de pastos.								

FICHA N° 2: FICHA PARA MUESTREO DE PASTO POR NIVEL								
Título de la investigación: "EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DEGRADADO (BOTADERO HUACAR) DISTRITO DE HUACAR, HUÁNUCO 2024".								
Lugar donde se realiza la investigación: Botadero Huacra					Distrito: Huacra			
Provincia: Ambo					Departamento: Nco			
Muestreo de: Pasto V.					Especie: 1) <i>Syntherisma</i> 2) <i>Cyperus simplex</i> 3) <i>Agrostis</i>			
FECHA Y HORA	NIVEL DE MUESTREO	COORDENADAS UTM DE LA ZONA	POBLACIÓN	N.º DE MUESTRA SIMPLE	CÓDIGO DE MUESTRA (S)	PESO DE LA MUESTRA	NÚMERO DE MUESTRA COMPLEJA	CÓDIGO DE MUESTRA (C)
18/07/25	N2	E: 362716 N: 8877855	Decanos	1	PM-N2-PA-M1	gr	1	PM-N2-PA-M1
18/07/25	N2	E: 362741 N: 8877832	Decanos	1	PM-N2-PA-M2	gr	1	PM-N2-PA-M2
18/07/25	N2	E: 362724 N: 8877851	Decanos	1	PM-N2-PA-M3	gr	1	PM-N2-PA-M3
OBSERVACIONES: Las muestras se tomaron de acuerdo al nivel de pastoreo y siendo 3 muestras y 3 especies de pasto por nivel.								

FICHA N° 2: FICHA PARA MUESTREO DE PASTO POR NIVEL								
Título de la investigación: "EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DEGRADADO (BOTADERO HUACAR) DISTRITO DE HUACAR, HUÁNUCO 2024".								
Lugar donde se realiza la investigación: Botadero Huacra					Distrito: Huacra			
Provincia: Ambo					Departamento: Nco			
Muestreo de: Pasto V. (Siso menor)					Especie: 1) <i>Philoglossa minutoides</i> 2) <i>Cyperus simplex</i> 3) <i>Agrostis</i>			
FECHA Y HORA	NIVEL DE MUESTREO	COORDENADAS UTM DE LA ZONA	POBLACIÓN	N.º DE MUESTRA SIMPLE	CÓDIGO DE MUESTRA (S)	PESO DE LA MUESTRA	NÚMERO DE MUESTRA COMPLEJA	CÓDIGO DE MUESTRA (C)
18/07/25	N3	E: 362748 N: 8877836	Decanos	1	PM-N3-PA-M1	gr	1	PM-N3-PA-M1
18/07/25	N3	E: 362725 N: 8877853	Decanos	1	PM-N3-PA-M2	gr	1	PM-N3-PA-M2
18/07/25	N3	E: 362726 N: 8877867	Decanos	1	PM-N3-PA-M3	gr	1	PM-N3-PA-M3
OBSERVACIONES: Las muestras se tomaron de acuerdo al nivel de pastoreo, siendo un total de 3 muestras y 3 especies de pasto por nivel.								

ANEXO 8

FICHA N° 3: FORMATO DE ETIQUETA PARA MUESTREO DE SUELO Y DE PASTO

FICHA N° 3: FORMATO DE ETIQUETA PARA MUESTREO DE PASTO

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DE GRADADO BOTADERO MURCASPATA, DISTRITO DE HUACAS HUÁNUCO 2024

TIPO DE MUESTRA: *Pasto V.*

CODIGO DE MUESTRA: *PM-N1-PA-N2*

LUGAR DE MUESTREO: *Botadero H*

DISTRITO: *Huac*

PROVINCIA: *Ambo*

LOTE: *L1-PM-N3*

DEPARTAMENTO: *Rio*

FECHA: *15/03/26*

MUESTREADO POR: *Walter Pantoja Estanislao*

HORA: *1:50*

PARAMETROS A ANALIZAR EN LABORATORIO: *Cl, Pb*

P. FISICO

P. QUIMICO

CODIGO DE LABORATORIO:

ANEXO 9

FICHA N° 4: FICHA PARA RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DE UN ÁREA DEGRADADA POR RESIDUOS SÓLIDOS

FICHA N° 4: FICHA PARA RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DE UN ÁREA DEGRADADA POR RESIDUOS SÓLIDOS		
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: "EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DEGRADADO (BOTADERO HUISHCA) DISTRITO DE HUÁCAR, HUÁNUCO 2024".		
NOMBRE DEL ADRS *	Botadero Huishca	
OBJETIVO	Recopilar información sobre el botadero	
UBICACIÓN DEL ADRS	Se ubica en el centro poblado Huishca distrito de Huácar, provincia de Ambo	
ÁREA	698 metros cuadrados	
PERÍMETRO	102 Metros	
COORDENADAS	E: 362712 N: 8877847	
AÑOS DE OPERACION	2 años → desde junio del 2023	
CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS DISPUESTOS	3.58 tn/día de acuerdo con ECRSM	
SITUACIÓN ACTUAL	En Actividad y/o funcionamiento	
DETALLES ADICIONALES	Presencia de Vectores	Moscos
	Presencia de Residuos en la Superficie	Si
	Presencia de Residuos en Terrenos Adyacentes	No
	Presencia de Lixiviados	No
	Acumulación de Aguas Pluviales	No
	Presencia de Animales	No
	Presencia de flora en el ADRS	Si
ESPECIES DE LA FLORA EXISTENTE EN EL ADRS	Distintos especie de pastos	
POBLACION DE LA FLORA EXISTENTE EN EL ADRS	No alcanza los cientos de pastos en el Area directa del botadero	
UBICACIÓN DE LA FLORA EXISTENTE EN EL ADRS	- Se ubican en el Area directa del botadero (dentro del mismo) y en los alrededores	
OBSERVACIONES	Los residuos recolectados por el servicio de recolección de basura pública de la Municipalidad distrital de Huácar se disponen en dicho botadero.	
* ADRS: Área Degradada por Residuos Sólidos Municipales.		

Encargado de recopilación de
datos en Campo

DNI: 73357300



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUÁCAR
Juan Miller Soto Rivera
UNIDAD DE SERVICIOS PÚBLICOS
PRODUCTIVOS Y PRODUCTOS

Representante de la entidad
administradora del ADRS

9.1. DETALLES RECOPIADOS DEL BOTADERO HUIHCA

ÍTEM	DETALLES	
01	Denominación	Área degradada por residuos sólidos municipales (Botadero Huishca).
02	Ubicación	Se ubica en el centro poblado Huishca, distrito de Huácar, Provincia de Ambo, departamento de Huánuco.
03	Área	618 metros cuadrados.
04	Perímetro	102 metros.
05	Coordenadas	Este: 362712 – Norte: 8877842.
06	Años de operación	02 años, desde junio del 2023.
07	Cantidad de residuos sólidos dispuestos	3.58 toneladas al día, ello de acuerdo al estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Huácar.
08	Especies de flora existentes en el ADRS	Distintas especies de pastos como (Siso menudo, Papiro o junco, Marmaquilla, otros)
09	Observaciones	La población de la flora no alcanzo los cientos de especímenes o pastos.
10	Detalles complementarios	No se evidencio presencia de vectores, se presencié residuos en la superficie, no se evidencio presencia de lixiviados, no de presencio animales en el área del botadero Huishca.

Nota. Se muestra los detalles del botadero Huishca.

ANEXO 10
CARGO DE LA CARTA N.º 01-2025 – WAAV-E-UDH
(SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN)



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CARGO

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CARTA N.º 01 – 2025 – WAAV-E-UDH

SEÑOR : CLEBER MORY ROJAS
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUÁCAR

ASUNTO : Solicito autorización para la ejecución de mi proyecto de investigación titulada "EVALUACIÓN DE LA FITOEXTRACCIÓN CON GRAMÍNEAS PERENNES EN UN SUELO DEGRADADO (BOTADERO) DISTRITO DE HUÁCAR, HUÁNUCO 2025".

ATENCIÓN : UNIDAD DE SERVICIOS PUBLICOS LOCALES, PRODUCTIVOS Y MEDIO AMBIENTE

FECHA : Huácar, 12 de marzo del 2025

De mi mayor consideración; Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente, asimismo informar lo siguiente:

Yo, Wilver Antonio Aguirre Villanueva; identificado con DNI N.º 73357300, bachiller de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Huánuco, recorro a su representada solicitando autorización para la ejecución de mi proyecto de investigación titulada "Evaluación de la Fitoextracción con gramíneas perennes en un suelo degradado (botadero Huacaspata) distrito de Huácar, Huánuco 2024", como parte de la ejecución de mi proyecto de investigación, es necesario realizar distintas actividades en campo, siendo los siguientes:

- Visita in situ al botadero Huacaspata.
- Medición del área total del botadero.
- Delimitación por niveles de acuerdo al estudio.
- Muestreo de suelo.
- Muestreo de pasto existente dentro del área de investigación.
- Recolección de información mediante las fichas establecida para el estudio, fotos y otros necesarios a realizarse para la recolección de información de campo.

Estas actividades se pretenden realizar de acuerdo a su libre disponibilidad de su representada. Por lo tanto, se comunica y agradece las facilidades para la ejecución de mi investigación en su Área Degradada por Residuos Sólidos (botadero) administrado.

Se adjunta:

- RESOLUCIÓN N.º 1720-2024-D-FI-UDH.
- DNI.

Sin otro en particular, hago propicia la oportunidad de reiterarle las muestras de mi mayor consideración y estima personal.

Atentamente;


Investigador: Wilver A. Aguirre Villanueva
DNI: 73357300



ANEXO 11

ANEXO DEL DECRETO SUPREMO N° 011-2017-MINAM (2017) – ECA, PARA SUELO

14

NORMAS LEGALES

Sábado 2 de diciembre de 2017 /  El Peruano

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 y 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 12

PANEL FOTOGRÁFICO N.º 01: DELIMITACIÓN DE LOS NIVELES DEL ÁREA DE ESTUDIO



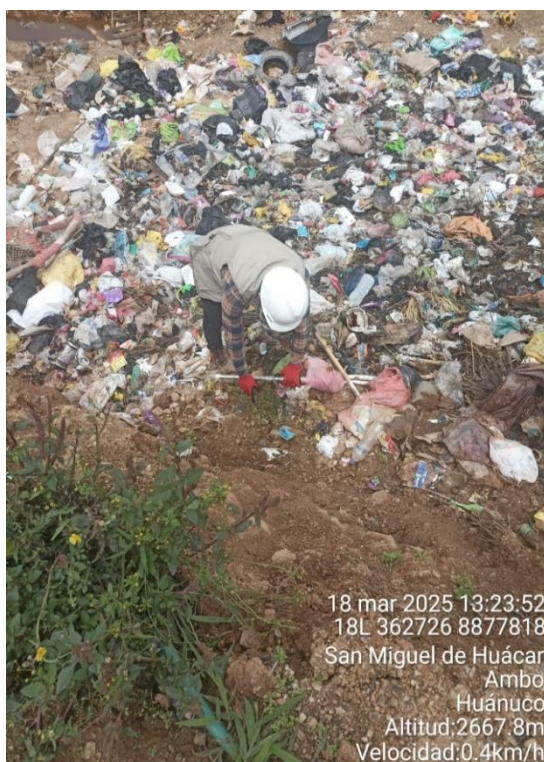
Nota. El panel fotográfico N.º 01, muestra las acciones de delimitación de los puntos de muestreo por niveles (PM – N1: dentro del botadero Huishca; PM – N2: 0 a 10 metros del botadero y PM – N3: 15 a 20 metros del botadero).

PANEL FOTOGRÁFICO N.º 02: DELIMITACIÓN DE LOS NIVELES DEL ÁREA DE ESTUDIO



Nota. El panel fotográfico N.º 02, muestra las acciones de delimitación de los puntos de muestreo por niveles (PM – N1: dentro del botadero Huishca; PM – N2: 0 a 10 metros del botadero y PM – N3: 15 a 20 metros del botadero).

PANEL FOTOGRÁFICO N.º 03: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO Y DE LAS GRAMÍNEAS PERENNES



Nota. El panel fotográfico N.º 03, muestra las acciones realizadas en el muestreo del suelo y gramínea (planta). Por lo que el suelo se obtuvo de las raíces de las gramíneas muestreadas.

PANEL FOTOGRÁFICO N.º 04: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO Y DE LAS GRAMÍNEAS PERENNES



Nota. El panel fotográfico N.º 04, muestra las acciones realizadas en el muestreo del suelo y gramínea (planta). Por lo que el suelo se obtuvo de las raíces de las gramíneas muestreadas.

PANEL FOTOGRÁFICO N.º 05: ETIQUETADO DE MUESTRAS



Nota. El panel fotográfico N.º 05, muestra las acciones realizadas en el etiquetado de muestras, según correspondieron.

PANEL FOTOGRÁFICO N.º 06: VERIFICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS PARA SU TRASLADO



Nota. El panel fotográfico N.º 06, muestra las acciones de verificación, del etiquetado y acondicionamiento de las muestras para su traslado al laboratorio de la UNAS.

ANEXO 13

INFORME DE ENSAYO DEL LABORATORIO SOBRE LA CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO



ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	WILVER ANTONIO AGUIRRE VILLANUEVA	FECHA DE REPORTE:	16/04/2025
PROCEDENCIA:	HUACAR - AMBO - HUANUCO	RECIBO N°	69604
REFERENCIA:		MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS FISICO				ANALISIS QUIMICO																	
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	Materia Orgánica	N	P	K ₂ O	Cd	Pb	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio
			Ao	Arc	Lo			M.O.	total	disponible					Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno		%	%	%
	CODIGO DEL LABORATORIO	REF	%	%	%		1:1	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm		CAMBIABLES				Cmol(+)/kg			%	%	%
1	S25-0119-1	PM-N1-SU	52	30	18	Franco Arcillo Arenoso	8.01	1.65	0.082	11.735	87.131	0.014	0.111	5.301	4.364	0.686	0.170	0.081	0.000	0.000	---	100.000	0.000	0.000
2	S25-0119-2	PM-N2-SU	38	40	22	Franco Arcilloso	7.94	2.25	0.113	8.264	131.540	0.031	0.263	6.386	5.222	0.873	0.225	0.066	0.000	0.000	---	100.000	0.000	0.000
3	S25-0119-3	PM-N3-SU	56	28	16	Franco Arcillo Arenoso	8.05	1.83	0.091	15.488	90.385	0.023	0.148	8.440	7.039	1.170	0.171	0.059	0.000	0.000	---	100.000	0.000	0.000

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



MÉTODOS ANALÍTICOS

01. pH método del potenciómetro, relación suelo - agua 1:1
02. C.E: Conductímetro – Extracto Acuoso
03. Materia orgánica: Método de Walkley y Black
04. Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl
05. Fósforo disponible: Método de Olsen modificado. Extracto de NH_4CO_3 0.5M, pH 8.5
06. Potasio Disponible: Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
07. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
Ca Mg K Na : Absorción atómica
08. C.I.C efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 5.5)
Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan.
09. Densidad Aparente, Densidad Real, Porcentaje de Porosidad: Método de la Probeta
10. Humedad Relativa, Capacidad de Campo: Método de la Probeta
11. Determinación de elementos menores Hierro, Cobre, Zinc y Manganese: Método Mellich III – EAA
12. Determinación del Boro: Método de la Azometina – H
13. Cadmio y Plomo disponible: Método EDTA – EAA
14. Cadmio Total: Extracción USEPA 3050 – EAA
15. Cadmio Soluble: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.
16. Determinación colorimétrica de molibdeno

Interpretación de Salinidad	Rango (dS/m)
No salino	0-2
Muy ligeramente salino	2-4
Ligeramente salino	4-8
Moderadamente salino	8-16
Fuertemente salino	> 16

Interpretación de Potasio Disponible	Rango (Kg K_2O /ha)	Rango (ppm)
Bajo	< 300	< 100
Medio	300-600	100-240
Alto	> 600	> 240

INTERPRETACIÓN DEL pH

Según Scheffer y Schachtschabel	pH en KCl	UNALM	pH en agua
Extremadamente ácido	< 4.0	Fuertemente ácido	< 5.5
Fuertemente ácido	4.0 - 4.9	Moderadamente ácido	5.5 - 6.0
Medianamente ácido	5.0 - 5.9	Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Ligeramente ácido	6.0 - 6.9	Neutro	7.0
Neutro	7.0	Ligeramente alcalino	7.2- 7.8
Ligeramente alcalino	7.1 - 8.0	Moderadamente alcalino	7.9- 8.4
Mediana alcalino	8.1 - 9.0	Fuertemente alcalino	> 8.5
Fuertemente alcalino	9.1 - 10		
Extremadamente alcalino	> 10		

Interpretación de Carbonato de Calcio	Rango (%)
Bajo	< 1
Medio	1-5
Alto	5-15
Muy alto	> 15

Interpretación de Materia Orgánica	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2-4
Alto	> 4

Interpretación de Nitrógeno Total	Rango (%)
Bajo	< 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	> 0.2

Interpretación de Fósforo Disponible	Rango (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7-14
Alto	> 14



GRACIAS POR LA CONFIANZA Y PREFERENCIA

INFORME DE ENSAYO DEL LABORATORIO SOBRE LOS METALES PESADOS EN LAS MUESTRAS DE SUELO



ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	WILVER ANTONIO AGUIRRE VILLANUEVA	FECHA DE REPORTE:	16/04/2025
PROCEDENCIA:	HUACAR - AMBO - HUANUCO	RECIBO N°	69604
REFERENCIA:		MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS QUIMICO	
			Cd	Pb
			disponible	
	CODIGO DEL LABORATORIO	REFERENCIA	ppm	ppm
1	S25-0120-1	PM-N1-SU-M1	0.014	0.111
2	S25-0120-2	PM-N1-SU-M2	0.020	0.204
3	S25-0120-3	PM-N1-SU-M3	0.031	0.206
4	S25-0120-4	PM-N2-SU-M1	0.031	0.263
5	S25-0120-5	PM-N2-SU-M2	0.030	0.168
6	S25-0120-6	PM-N2-SU-M3	0.026	0.108
7	S25-0120-7	PM-N3-SU-M1	0.023	0.148
8	S25-0120-8	PM-N3-SU-M2	0.019	0.108
9	S25-0120-9	PM-N3-SU-M3	0.017	0.132

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



INFORME DE ENSAYO DEL LABORATORIO SOBRE LOS METALES PESADOS EN LAS MUESTRAS DE LAS GRAMÍNEAS (PLANTAS)



ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	WILVER ANTONIO AGUIRRE VILLANUEVA	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE REPORTE:	16/04/2025
PROVINCIA:	AMBO	RECIBO O FACTURA:	69604
DISTRITO:	HUACAR	MUESTRA:	PLANTAS (TEJIDO FOLIAR)

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA							
Código	Dato	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
E25-0078-1	PM-N1-PA-M1	60.941	39.059	11.656	27.403	0.005	0.168
E25-0078-2	PM-N1-PA-M2	73.235	26.765	7.647	19.118	0.019	0.279
E25-0078-3	PM-N1-PA-M3	97.762	2.238	1.279	0.959	0.056	0.585
E25-0078-4	PM-N2-PA-M1	63.570	36.430	13.062	23.367	0.011	0.119
E25-0078-5	PM-N2-PA-M2	71.353	28.647	19.894	8.753	0.003	0.082
E25-0078-6	PM-N2-PA-M3	96.632	3.368	1.581	1.787	0.016	0.279
E25-0078-7	PM-N3-PA-M1	81.667	18.333	11.667	6.667	0.003	0.068
E25-0078-8	PM-N3-PA-M2	90.166	9.834	2.067	7.767	0.010	0.064
E25-0078-9	PM-N3-PA-M3	77.433	22.567	13.147	9.420	0.012	0.081

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





METODOS ANALÍTICOS

CARACTERÍSTICA	MÉTODO	CARACTERÍSTICA	MÉTODO
EXTRACTO	VIA SECA DIGESTIÓN ACIDA – HCl	HUMEDAD	ESTUFA 105° C MEMERT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE MACROELEMENTOS: Ca, Mg, K, Na	ESPECTROFOTOMETRIA ABSORCION ATOMICA VARIAN ALEMANIA	CENIZAS	MUFLA 660° C THERM CONCEPT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE FÓSFORO	METAVANADATO (AMARILLO DEL VANADATO MOLIBDATO) ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACIÓN DE MICROELEMENTOS: Fe, Mn, Zn, Cu	ESPECTROFOTOMETRIA ABSORCION ATOMICA VARIAN ALEMANIA
DETERMINACION DE AZUFRE	TURBIDIMETRIA DEL SULFATO DE BARIO ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACION DE BORO	COLORIMETRIA CON AZOMETINA-H ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA
CADMIO TOTAL Y PLOMO TOTAL	METODO ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA EQUIPO MARCA VARIAN PROCEDENCIA AUSTRIA	N TOTAL	KJENDHAL BUCHI ALEMANIA
CARBONATOS	NEUTRALIZACION ACIDA HCl 0.5N NaOH 0.25N	NITRÓGENO AMONICAL Y DE NITRATOS	NTE INEN 0226: FERTILIZANTES.
PH	PH-METRO ISOLAB ALEMANIA	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA dS/m	PROPORCION AGUA : MUESTRA 2 : 1

ANEXO 14

CÁLCULO DE LA FITOEXTRACCIÓN, FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN, CÁLCULO DE LA MOVILIDAD Y PORCENTAJE DE TRASFERENCIA Y CLASIFICACIÓN DE ESPECIES VEGETALES

CÁLCULO DE LA FITOEXTRACCIÓN	
Según Neuman (2022) Para calcular el porcentaje de fitoextracción, se determina la cantidad de contaminante presente en la planta en relación con la cantidad presente en el suelo, y se expresa como un porcentaje. Este cálculo permite evaluar la eficiencia de la fitoextracción como método de limpieza de suelos contaminados. La fórmula general para calcular el porcentaje de fitoextracción es: Porcentaje de Fitoextracción = $\frac{\text{Cantidad de contaminante en la planta}}{\text{Cantidad de contaminante en el suelo}} \times 100$	
Donde	Concentración inicial: Es la cantidad del contaminante presente en el suelo antes de iniciar el proceso de fitorremediación. Se puede expresar en unidades como mg/kg (miligramos por kilogramo), ppm (partes por millón), o cualquier otra unidad apropiada para el contaminante y el suelo.
	Concentración final: Es la cantidad del contaminante que queda en el suelo después del período de tratamiento con plantas. Se expresa en las mismas unidades que la concentración inicial.
	Formula: Porcentaje de Fitoextracción = $\frac{\text{Cantidad de contaminante en la planta}}{\text{Cantidad de contaminante en el suelo}} \times 100$.
	Ejemplo: Si se analiza un suelo contaminado con plomo y se encuentra que la concentración de plomo en el suelo es de 50 ppm (partes por millón) y en la planta es de 5 ppm, el porcentaje de fitoextracción se calcularía así: - ppm en suelo: 50 - ppm en planta: 5 - Porcentaje de fitoextracción: $(5 / 50) \times 100 = 10\%$ En este ejemplo, el porcentaje de fitoextracción de plomo sería del 10%, lo que indica que la planta absorbió el 10% del plomo presente en el suelo.
Importante: - Es fundamental realizar mediciones precisas de las concentraciones inicial y final del contaminante para obtener resultados confiables. - El porcentaje de fitoextracción puede variar dependiendo de varios factores, como el tipo de contaminante, la especie de planta utilizada, las condiciones ambientales y el tiempo de tratamiento. - Además de la fitoextracción, otros mecanismos de fitorremediación pueden estar ocurriendo simultáneamente, como la rizo filtración, la fitodegradación y la Fitovolatilización.	
* CÁLCULO DEL FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN (BCF):	
Delgadillo, et al. (2025) refiere que el BCF indica la capacidad de la planta para acumular un contaminante en sus tejidos en comparación con su concentración en el suelo. Se calcula de la siguiente manera:	
Donde	Formula: $BCF = \frac{\text{Concentración del contaminante en la planta}}{\text{Concentración del contaminante en el suelo}}$

Interpretación de los Factores	Un BCF > 1: Indica que la planta acumula el contaminante en mayor cantidad que la presente en el suelo, lo que es deseable para la fitoextracción.
Condiciones del suelo	Factores como el pH, la materia orgánica y la presencia de otros compuestos pueden afectar la absorción y acumulación de contaminantes por las plantas.
** Observaciones: El porcentaje de fitoextracción también se puede hallar mediante la siguiente formula: Porcentaje de Fitoextracción = BCF * 100	
CÁLCULO DE LA MOVILIDAD Y PORCENTAJE DE TRASFERENCIA	
Salazar, et al. (2021) refiere que, para determinar la movilidad, se utilizó el porcentaje de transferencia de los elementos desde el suelo hacia el follaje del pasto, mediante la razón porcentual de la concentración (% o mg.kg-1) de cada elemento en la muestra de suelo, sobre la concentración del mismo elemento en la muestra de pasto. Este porcentaje se expresa en la siguiente relación matemática:	
Donde	% TR: = $\frac{CP \times 100}{CS}$ % TR = Porcentaje de transferencia. - CP = Concentración en el pasto del elemento. - CS = Concentración del mismo elemento en el suelo subyacente.
	Esta metodología es aplicable cuando la concentración de los elementos en el pasto es inferior a la concentración en el suelo.
CLASIFICACIÓN DE ESPECIES VEGETALES	
Fernández (2019) refiere que la clasificación se realizó de acuerdo a los factores de bioconcentración (BCF): Los factores de bioconcentración indicaron que especies de plantas pueden ser consideradas hiperacumuladoras, acumuladoras, tolerantes o exclusoras (DIEZ, 2008) citado Fernández (2019) utilizando los siguientes valores.	
Factor de bioconcentración (BCF)	Clasificación
Concentraciones exceden 1000 mg/Kg	Hiperacumuladora
>1	Acumuladora
>1	Acumuladora
0.8-1	Tolerante
0.1-1	Tolerante
<0.1	Exclusora

Nota: La presente tabla se realizó de acuerdo a Neuman (2022), Delgadillo, et al. (2025), Salazar, et al. (2021) y Fernández (2019).

ANEXO 15

CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE FITOEXTRACCIÓN DE CADMIO (CD) EN LAS GRAMÍNEAS

CALCULO DEL % DE FITOEXTRACCIÓN DE CD EN LAS GRAMÍNEAS							
FORMULA		• Porcentaje de Fitoextracción = (Cantidad de contaminante en la planta / Cantidad de contaminante en el suelo) * 100					
N.º	Código de muestra de suelo	Código de muestra de planta	Especie de la planta	Cd disponible en el suelo (PPM)	Cd disponible en las gramíneas (mg/Kg)	Calculo	% de fitoextracción
01	PM-N1-SU-M1	PM-N1-PA-M1	Siso menudo	0.014	0.005	(0.005/0.014) *100	35.71 %
02	PM-N1-SU-M2	PM-N1-PA-M2	Papiro o junco	0.020	0.019	(0.019/0.020) *100	95.00 %
03	PM-N1-SU-M3	PM-N1-PA-M3	Marmaquilla	0.031	0.056	(0.031/0.031) *100	180.65 %
04	PM-N2-SU-M1	PM-N2-PA -M1	Siso menudo	0.031	0.011	(0.011/0.031) *100	35.48 %
05	PM-N2-SU-M2	PM-N2-PA-M2	Papiro o junco	0.030	0.003	(0.003/0.030) *100	10.00 %
06	PM-N2-SU-M3	PM-N2-PA-M3	Marmaquilla	0.026	0.016	(0.016/0.26) *100	61.54 %
07	PM-N3-SU-M1	PM-N3-PA-M1	Siso menudo	0.023	0.003	(0.003/0.023) *100	13.04 %
08	PM-N3-SU-M2	PM-N3-PA-M2	Papiro o junco	0.019	0.010	(0.010/0.019) *100	52.63 %
09	PM-N3-SU-M3	PM-N3-PA-M3	Marmaquilla	0.017	0.012	(0.012/0.017) *100	70.59 %

Nota. Se realizo con los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de laboratorio, además se consideró lo detallado en el anexo 14.

* Por lo que las plantas que presentan un porcentaje mayor a 100% son gramíneas clasificadas como acumuladoras.

* Por lo que las plantas que presentan un porcentaje de 80% a 100% son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un porcentaje de 10% a 80% son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un porcentaje menor a 10% a 80% son gramíneas clasificadas como exclusoras.

ANEXO 16

CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE FITOEXTRACCIÓN DE PLOMO (Pb) EN LAS GRAMÍNEAS

CALCULO DEL % DE FITOEXTRACCIÓN DE PB EN LAS GRAMÍNEAS							
FORMULA		• Porcentaje de Fitoextracción = (Cantidad de contaminante en la planta / Cantidad de contaminante en el suelo) * 100					
N.º	Código de muestra de suelo	Código de muestra de planta	Especie de la planta	Pb disponible en el suelo (PPM)	Pb disponible en las gramíneas (mg/Kg)	Calculo	% de fitoextracción
01	PM-N1-SU-M1	PM-N1-PA-M1	Siso menudo	0.111	0.168	(0.168/0.111) *100	151.35 %
02	PM-N1-SU-M2	PM-N1-PA-M2	Papiro o junco	0.204	0.279	(0.279/0.204) *100	136.76 %
03	PM-N1-SU-M3	PM-N1-PA-M3	Marmaquilla	0.206	0.585	(0.585/0.206) *100	283.98 %
04	PM-N2-SU-M1	PM-N2-PA -M1	Siso menudo	0.263	0.119	(0.119/0.263) *100	45.25 %
05	PM-N2-SU-M2	PM-N2-PA-M2	Papiro o junco	0.168	0.082	(0.082/0.168) *100	48.81 %
06	PM-N2-SU-M3	PM-N2-PA-M3	Marmaquilla	0.108	0.279	(0.279/0.108) *100	258.33 %
07	PM-N3-SU-M1	PM-N3-PA-M1	Siso menudo	0.148	0.068	(0.068/0.148) *100	45.95 %
08	PM-N3-SU-M2	PM-N3-PA-M2	Papiro o junco	0.108	0.064	(0.064/0.108) *100	59.26 %
09	PM-N3-SU-M3	PM-N3-PA-M3	Marmaquilla	0.132	0.081	(0.081/0.132) *100	61.36 %

Nota. Se realizo con los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de laboratorio, además se consideró lo detallado en el anexo 14.

* Por lo que las plantas que presentan un porcentaje mayor a 100% son gramíneas clasificadas como acumuladoras.

* Por lo que las plantas que presentan un porcentaje de 80% a 100% son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un porcentaje de 10% a 80% son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un porcentaje menor a 10% a 80% son gramíneas clasificadas como exclusoras.

ANEXO 17

CÁLCULO DEL FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN DE CADMIO (Cd) EN LAS GRAMÍNEAS

CALCULO DEL FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN (BCF) DE CADMIO (CD) EN LAS GRAMÍNEAS							
FORMULA		• Factor de bioconcentración BCF = (Concentración del metal en la planta / Concentración del metal en el suelo).					
N.º	Código de muestra de suelo	Código de muestra de planta	Especie de la planta	Cd disponible en el suelo (PPM)	Cd disponible en las gramíneas (mg/Kg)	Calculo	BCF
01	PM-N1-SU-M1	PM-N1-PA-M1	Siso menudo	0.014	0.005	(0.005/0.014)	0.357
02	PM-N1-SU-M2	PM-N1-PA-M2	Papiro o junco	0.020	0.019	(0.019/0.020)	0.950
03	PM-N1-SU-M3	PM-N1-PA-M3	Marmaquilla	0.031	0.056	(0.031/0.031)	1.806
04	PM-N2-SU-M1	PM-N2-PA -M1	Siso menudo	0.031	0.011	(0.011/0.031)	0.355
05	PM-N2-SU-M2	PM-N2-PA-M2	Papiro o junco	0.030	0.003	(0.003/0.030)	0.100
06	PM-N2-SU-M3	PM-N2-PA-M3	Marmaquilla	0.026	0.016	(0.016/0.26)	0.615
07	PM-N3-SU-M1	PM-N3-PA-M1	Siso menudo	0.023	0.003	(0.003/0.023)	0.130
08	PM-N3-SU-M2	PM-N3-PA-M2	Papiro o junco	0.019	0.010	(0.010/0.019)	0.526
09	PM-N3-SU-M3	PM-N3-PA-M3	Marmaquilla	0.017	0.012	(0.012/0.017)	0.706
* Un BCF > 1: Indica que la planta acumula el contaminante en mayor cantidad que la presente en el suelo, lo que es deseable para la fitoextracción.							

Nota. Se realizo con los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de laboratorio, además se consideró lo detallado en el anexo 14.

* Por lo que las plantas que presentan un BCF mayor a 1 (>1) son gramíneas clasificadas como acumuladoras.

* Por lo que las plantas que presentan un BCF de 0.8 a 1 son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un BFC de 0.1 a 1 son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un BFC menor de 0.1 a 1 son gramíneas clasificadas como exclusoras.

ANEXO 18

CÁLCULO DEL FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN DE PLOMO (PB) EN LAS GRAMÍNEAS

CALCULO DEL FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN (BCF) DE PLOMO (PB) EN LAS GRAMÍNEAS							
FORMULA		• Factor de bioconcentración BCF = (Concentración del metal en la planta / Concentración del metal en el suelo).					
N.º	Código de muestra de suelo	Código de muestra de planta	Especie de la planta	Pb disponible en el suelo (PPM)	Pb disponible en las gramíneas (mg/Kg)	Calculo	BCF
01	PM-N1-SU-M1	PM-N1-PA-M1	Siso menudo	0.111	0.168	(0.168/0.111)	1.51
02	PM-N1-SU-M2	PM-N1-PA-M2	Papiro o junco	0.204	0.279	(0.279/0.204)	1.37
03	PM-N1-SU-M3	PM-N1-PA-M3	Marmaquilla	0.206	0.585	(0.585/0.206)	2.84
04	PM-N2-SU-M1	PM-N2-PA -M1	Siso menudo	0.263	0.119	(0.119/0.263)	0.45
05	PM-N2-SU-M2	PM-N2-PA-M2	Papiro o junco	0.168	0.082	(0.082/0.168)	0.49
06	PM-N2-SU-M3	PM-N2-PA-M3	Marmaquilla	0.108	0.279	(0.279/0.108)	2.58
07	PM-N3-SU-M1	PM-N3-PA-M1	Siso menudo	0.148	0.068	(0.068/0.148)	0.46
08	PM-N3-SU-M2	PM-N3-PA-M2	Papiro o junco	0.108	0.064	(0.064/0.108)	0.59
09	PM-N3-SU-M3	PM-N3-PA-M3	Marmaquilla	0.132	0.081	(0.081/0.132)	0.61
* Un BCF > 1: Indica que la planta acumula el contaminante en mayor cantidad que la presente en el suelo, lo que es deseable para la fitoextracción.							

Nota. Se realizo con los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de laboratorio, además se consideró lo detallado en el anexo 14.

* Por lo que las plantas que presentan un BCF mayor a 1 (>1) son gramíneas clasificadas como acumuladoras.

* Por lo que las plantas que presentan un BCF de 0.8 a 1 son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un BFC de 0.1 a 1 son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un BFC menor de 0.1 a 1 son gramíneas clasificadas como exclusoras.

ANEXO 19

CÁLCULO DE LA MOVILIDAD Y PORCENTAJE DE TRASFERENCIA DE CADMIO (CD) EN LAS GRAMÍNEAS

CÁLCULO DE LA MOVILIDAD Y PORCENTAJE DE TRASFERENCIA DE CADMIO (CD) EN LAS GRAMÍNEAS							
FORMULA		• % TR: = CP x 100/CS ✓ % TR = Porcentaje de transferencia. ✓ CP = Concentración en el pasto del elemento. ✓ CS = Concentración del mismo elemento en el suelo subyacente.					
N.º	Código de muestra de suelo	Código de muestra de planta	Especie de la planta	Cd disponible en el suelo (PPM)	Cd disponible en las gramíneas (mg/Kg)	Calculo	% de movilidad y transferencia (% TR)
01	PM-N1-SU-M1	PM-N1-PA-M1	Siso menudo	0.014	0.005	(0.005*100/0.014)	35.71
02	PM-N1-SU-M2	PM-N1-PA-M2	Papiro o junco	0.020	0.019	(0.019*100/0.020)	95.00
03	PM-N1-SU-M3	PM-N1-PA-M3	Marmaquilla	0.031	0.056	(0.031*100/0.031)	180.65
04	PM-N2-SU-M1	PM-N2-PA-M1	Siso menudo	0.031	0.011	(0.011*100/0.031)	35.48
05	PM-N2-SU-M2	PM-N2-PA-M2	Papiro o junco	0.030	0.003	(0.003*100/0.030)	10.00
06	PM-N2-SU-M3	PM-N2-PA-M3	Marmaquilla	0.026	0.016	(0.016*100/0.26)	61.54
07	PM-N3-SU-M1	PM-N3-PA-M1	Siso menudo	0.023	0.003	(0.003*100/0.023)	13.04
08	PM-N3-SU-M2	PM-N3-PA-M2	Papiro o junco	0.019	0.010	(0.010*100/0.019)	52.63
09	PM-N3-SU-M3	PM-N3-PA-M3	Marmaquilla	0.017	0.012	(0.012*100/0.017)	70.59

Nota. Se realizo con los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de laboratorio, además se consideró lo detallado en el anexo 14.

* Por lo que las plantas que presentan un % TR mayor a 100 son gramíneas clasificadas como acumuladoras.

* Por lo que las plantas que presentan un % TR de 80 a 100 son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un % TR de 10 a 80 son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un % TR menor a 10 son gramíneas clasificadas como exclusoras.

ANEXO 20

CÁLCULO DE LA MOVILIDAD Y PORCENTAJE DE TRASFERENCIA DE PLOMO (Pb) EN LAS GRAMÍNEAS

CÁLCULO DE LA MOVILIDAD Y PORCENTAJE DE TRASFERENCIA DE PLOMO (Pb) EN LAS GRAMÍNEAS							
FORMULA		• % TR: = CP x 100/CS ✓ % TR = Porcentaje de transferencia. ✓ CP = Concentración en el pasto del elemento. ✓ CS = Concentración del mismo elemento en el suelo subyacente.					
N.º	Código de muestra de suelo	Código de muestra de planta	Especie de la planta	Pb disponible en el suelo (PPM)	Pb disponible en las gramíneas (mg/Kg)	Calculo	% de movilidad y transferencia (% TR)
01	PM-N1-SU-M1	PM-N1-PA-M1	Siso menudo	0.111	0.168	(0.168*100/0.111)	151.35
02	PM-N1-SU-M2	PM-N1-PA-M2	Papiro o junco	0.204	0.279	(0.279*100/0.204)	136.76
03	PM-N1-SU-M3	PM-N1-PA-M3	Marmaquilla	0.206	0.585	(0.585*100/0.206)	283.98
04	PM-N2-SU-M1	PM-N2-PA-M1	Siso menudo	0.263	0.119	(0.119*100/0.263)	45.25
05	PM-N2-SU-M2	PM-N2-PA-M2	Papiro o junco	0.168	0.082	(0.082*100/0.168)	48.81
06	PM-N2-SU-M3	PM-N2-PA-M3	Marmaquilla	0.108	0.279	(0.279*100/0.108)	258.33
07	PM-N3-SU-M1	PM-N3-PA-M1	Siso menudo	0.148	0.068	(0.068*100/0.148)	45.95
08	PM-N3-SU-M2	PM-N3-PA-M2	Papiro o junco	0.108	0.064	(0.064*100/0.108)	59.26
09	PM-N3-SU-M3	PM-N3-PA-M3	Marmaquilla	0.132	0.081	(0.081*100/0.132)	61.36

Nota. Se realizó con los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de laboratorio, además se consideró lo detallado en el anexo 14.

* Por lo que las plantas que presentan un % TR mayor a 100 son gramíneas clasificadas como acumuladoras.

* Por lo que las plantas que presentan un % TR de 80 a 100 son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un % TR de 10 a 80 son gramíneas clasificadas como tolerantes.

* Por lo que las plantas que presentan un % TR menor a 10 son gramíneas clasificadas como exclusoras.