UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESINAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

AFECTACIÓN DEL SUELO POR METALES PESADOS: PLOMO, CADMIO Y CROMO VI POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL BOTADERO DE CARHUASHJIRCA, EN EL DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019.

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

Tesista: Br. **LYZ INAIDA ROSARIO BONIFACIO**

Asesor: Ing. **MAXIMILIANO LOARTE RUBINA**

Huaraz - Perú

2020

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: ROSARIO BONIFACIO LYZ INAIDA

Código de alumno: 081.0605.397 Teléfono: 910890487

Correo electrónico: lrosariob@unasam.edu.pe DNI o Extranjería: 46371191

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

- (●) Tesis
- ( ) Trabajo Académico
- ( ) Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)
- ( ) Trabajo de Suficiencia Profesional
- ( ) Trabajo de Investigación

3. Título Profesional o Grado obtenido:

Ingeniero Ambiental

4. Título del trabajo de investigación:

AFECTACIÓN DEL SUELO POR METALES PESADOS: PLOMO, CADMIO Y CROMO VI POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL BOTADERO DE CARHUASHJIRCA, EN EL DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019-2020.

5. Facultad de: Ciencias del Ambiente

6. Escuela, Carrera o Programa: Ingeniería Ambiental

7. Asesor:

Apellidos y nombres: LOARTE RUBINA MAXIMILIANO Correo electrónico: mloarter@unasam.edu.pe

Teléfono: 952647082 N° de DNI o Extranjería: 32295136 ORCID: 0000-0002-6709-4414

8. Tipo de acceso al Documento

- (●) Acceso público* al contenido completo.
- ( ) Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

_____

_____

_____

10. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

Firma del autor

11. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons,* con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

.....

12. Para ser llenado por la Dirección del Repositorio Institucional

Fecha de recepción del documento por el Repositorio Institucional:

Firma:

Varillas Wiliam Eduardo
Asistente en Informática y Sistemas
- UNASAM -

***Acceso abierto**: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

"Año de la universalización de la salud"

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el Auditórium de la FCAM-UNASAM, de conformidad a la normatividad vigente conducen el Acto Académico de Sustentación y Defensa de la Tesis **"AFECTACIÓN DEL SUELO POR METALES PESADOS: PLOMO, CADMIO Y CROMO VI POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL BOTADERO DE CARHUASHJIRCA, EN EL DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019"**, que presenta **ROSARIO BONIFACIO LYZ INAIDA** para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**.

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

APROBADA

Con el calificativo de: ....CATORCE (14)

En consecuencia, **ROSARIO BONIFACIO LYZ INAIDA** queda expedita para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario Nº 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector Nº 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector Nº 232-2017-UNASAM).

Huaraz, 11 de diciembre de 2020

MSc. MARIO VLADIMIR LEYVA COLLAS
Presidente
Jurado de sustentación

Ing. FRIDA MONICA CABALLERO BEDRIÑANA
Primer miembro
Jurado de sustentación

Ing. ELVIS JESUS ESPÍRITU ESPÍRITU
Segundo miembro
Jurado de sustentación

Dr. MAXIMILIANO LOARTE RUBINA
Asesor del tesista

DEDICATORIA

A Dios y a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante. Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos la presente tesis.

A mis amores mi madre María y a mis hijos Valery y Alejandro porque ellos son la motivación de mi vida.

A mis hermanos, gracias a ellos por confiar siempre.

A mis familiares y amigos que siempre estuvieron apoyándome y tuvieron una palabra de aliento durante el proceso de mis estudios.

Lyz Inaida Rosario Bonifacio

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo por haberme apoyado en mi formación profesional y perfeccionamiento permanente. A cada uno de mis docentes, quienes a lo largo de mi vida universitaria me enseñaron y transmitieron sus conocimientos y experiencias obtenidos durante el desarrollo profesional. Al laboratorio de calidad ambiental, por los servicios de analisis de muestras materia de la presente tesis.

A mi asesor y profesor Dr. Maximiliano Loarte Rubina, por su constante y desinteresado apoyo, que con sus acertadas orientaciones, recomendaciones y aportes hizo posible la culminación exitosa de la presente investigación.

A la Municipalidad provincial de Huaraz, por permitirme utilisar sus instalaciones y equipos para el desarrollo del trabajo de investigación.

A mi complice y amigo Edgard, a mis familiares, por su apoyo en los trabajos de campo realizados, en la recoleción de muestras y en el traslado de las mismas al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo para los análisis correspondientes.

Lyz Inaida Rosario Bonifacio

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la afectación del suelo por metales pesados Cadmio, Plomo y Cromo VI, como consecuencia de la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero de Carhuashjirca en la provincia y distrito de Huaraz, en los meses de agosto del 2019 (época de estiaje) y enero del 2020 (época de lluvia), tiempo en el que se desarrollaron los monitoreos y los análisis correspondientes. El trabajo se realizó mediante una investigación descriptiva en la que se analizaron los metales pesados cadmio, plomo y cromo VI, para lo cual se escogieron 3 puntos de muestreo y un punto control. Dichos puntos se determinaron probabilísticamente, por muestreo aleatorio estratificado, escogiendo un punto de muestreo por cada estrato, con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados. Las muestras de suelo (500 gr. por punto de muestreo) se llevaron al Laboratorio de Calidad Ambiental y Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo para los análisis correspondientes.

La investigación concluye con la determinación de metales pesados cadmio, plomo y cromo VI. En ambos muestreos se encontraron concentraciones por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para suelo, establecidos mediante D.S-002-2013-MINAM. En el punto control las concentraciones de metales pesados Cd y Pb superan los ECAS para suelo agrícola, sin embargo, la concentración del Cr VI fue por debajo del límite de detección. Por lo que concluimos que existen concentraciones significativas de Cd y Pb en el suelo del botadero que han sido incorporados por procesos naturales, pero que a la vez la disposición de residuos sólidos está incrementando dicha concentración y con respecto al metal Cr VI, este metal es incorporado al suelo exclusivamente por la descomposición de residuos sólidos. Lo mencionado anteriormente se debe a que en el punto 2, lugar por donde se almacenan los lixiviados, se encontró concentraciones elevadas de los 3 metales en estudio.

Palabras claves: Afectación del suelo, metales pesados, lixiviado, residuos sólidos, botadero, propiedades fisicoquímicas del suelo, movilización y biodisponibilidad.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of determine the affectation of the soil by heavy metals, cadmium, lead and chromium VI, as consequence of the disposition of municipal solid wastes at the Carhuashjirca landfill in the province and district of Huaraz, in the months of August 2019 (dry season) and January 2020 (rainfall season), time when in which the corresponding monitoring and analysis were carried out developed. The work was performing out by means of a descriptive research in which the heavy metals cadmium, lead and chromium VI were analyzed, for which 3 sampling points were chosen. These points were determined probabilistically, through stratified random sampling, choosing a sampling point for each stratum, with order to meet the stated objectives. The soil samples (500 gr. by sampling point) were carried to the Environmental Quality Laboratory and the Soil and Water Laboratory of the Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo for corresponding analysis.

The investigation concludes with the determination of heavy metals cadmium, lead and chromium VI. In both samplings concentrations above the Environmental Quality Standards for soil, established by D.S-002-2013-MINAM, were found. At the control point, the concentrations of heavy metals Cd and Pb exceed the ECAS for agricultural soil, however, the concentration of Cr VI was below the detection limit. So we conclude that there are concentrations of Cd and Pb in the landfill floor that have been incorporated by natural processes, but that at the same time the disposal of solid waste is increasing said concentration and with respect to the metal Cr VI, this metal is incorporated to the ground exclusively by the decomposition of solid waste. The aforementioned is due to the fact that at point 2, the place where the leachate is stored, high concentrations of the 3 metals under study were found.

Keywords: Soil affectation, heavy metals, leachate, solids wastes, landfill, soil physicochemical properties, mobilization and bioavailability.

ÍNDICE

CONTENIDO

Acta De Sustentacion iii
Dedicatoria iv
Agradecimiento v
Resumen vi
Abstract vii
Índice viii
Lista De Tablas xi
Lista De Figuras xi
Lista De Unidades De Medida xiii
Siglas xiii
Capítulo I 1
Introduccion 1
1.1. Objetivos 4
1.1.1. Objetivo general 4
1.1.2. Objetivos específicos 4
1.2. Hipótesis 4
1.3. Variables 4
1.3.1. Variable independiente 4
1.3.2. Variable dependiente 4
1.3.3. Operacionalización de variables 5
Capítulo Ii 6
Marco Teorico 6
2.1. Antecedentes 6
2.1.1. A nivel regional 6
2.1.2. A nivel nacional 7
2.1.3. A nivel internacional 8
2.2. Bases teóricas 10

2.2.1. Residuos Sólidos 10
2.2.2. Residuos sólidos municipales 10
2.2.3. Componentes de un sistema de manejo de residuos sólidos. 11
2.2.4. Contaminación del suelo por la operación de botaderos 14
2.2.5. Metales pesados 15
2.2.6. Movilización de metales pesados en el suelo. 20
2.2.7. Relación metal – planta 20
2.2.8. Efectos de los metales pesados al medio ambiente. 23
2.2.9. Muestreo de suelos 23
2.3. Marco legal 24
2.4. Definición de términos básicos 27
Capítulo Iii 31
Marco Metodologico 31
3.1. Tipo de investigación 31
3.2. Diseño de investigación 31
3.3. Métodos y técnicas 32
3.3.1. Ubicación de los puntos de muestreo 32
3.3.2. Unidades de muestreo 34
3.4. Población y muestra 34
3.4.1. Población 34
3.4.2. Muestra 34
3.5. Instrumentos validados de recolección de muestra 34
3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información 35
Capítulo Iv 36
Resultados 36
4.1. Ubicación de la zona de estudio 36
4.2. Ubicación geográfica 37
4.3. Datos meteorológicos 39
4.4. Acceso 39
4.5. Diagnóstico del estado situacional del botadero de Carhuashjirca 39
4.6. Determinación del contenido de metales pesados: Cadmio, Plomo y Cromo VI, que afectan al suelo como consecuencia de la lixiviación de residuos sólidos municipales en el botadero de Carhuashjirca 44

4.7. Determinación de las propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, temperatura, humedad, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico), que facilitan la movilidad de los metales pesados en el suelo 49

4.8. Determinación de la calidad ambiental del suelo, comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo 56

Capítulo V 60

Discusion De Resultados 60

Capítulo Vi 64

Conclusiones 64

Referencias Bibliograficas 67

Anexos 73

Anexo 1 74

Registro de datos en campo de muestreo de suelo afectado por lixiviado del botadero de Carhuashjirca en el distrito y provincia de Huaraz, 2019 – 2020 74

Anexo 2 82

Estándares de calidad ambiental (eca) para suelo 82

Anexo 3 84

Profundidad de muestreo según el uso de suelo 84

Anexo 4 86

Resultado de análisis de laboratorio de metales pesados y propiedades fisicoquímicas del suelo del botadero de carhuashjirca 86

Anexo 5 97

Mapa de ubicación del area de estudio y mapa de ubicación de puntos de muestreo 97

Anexo 6 100

Panel fotográfico 100

LISTA DE TABLAS

CONTENIDO

Tabla 1: Operacionalización de variables 5
Tabla 2: Indicadores de generación diaria de residuos por habitante..... 11
Tabla 3: Métodos de análisis de metales pesados (Pb, Cd y Cr VI), en el suelo..... 35
Tabla 4: Método de análisis de las propiedades fisicoquímicas del suelo 35
Tabla 5: Composición física de los residuos sólidos municipales..... 41
Tabla 6: Concentración de Cd, Pb y Cr VI en el primer muestreo..... 44
Tabla 7: Concentración de Cd, Pb y Cr VI en el segundo muestreo..... 44
Tabla 8: Propiedades fisicoquímicas del suelo en época de estiaje 49
Tabla 9: Propiedades fisicoquímicas del suelo en época de lluvia..... 52
Tabla 10: Comparación de las concentraciones de Cd, Pb y Cr VI, en los puntos de muestreo, en época de estiaje con el ECA para suelo agrícola 56
Tabla 11: Comparación de las concentraciones de Cd, Pb y Cr VI, en los puntos de muestreo, en época de lluvia con el ECA para suelo agrícola..... 56

LISTA DE FIGURAS

CONTENIDO

Figura 1: Clasificación de residuos sólidos 10
Figura 2: Influencia del pH sobre la adsorción de metales en el suelo 21
Figura 3: Influencia del pH en la concentración de distintos metales en la solución del suelo 22
Figura 4: Representación esquemática de la biodisponibilidad de metales presentes en el suelo para las plantas..... 23
Figura 5: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo 33
Figura 6: Mapa de ubicación del botadero de Carhuashjirca..... 38

Figura 7: Concentración de Cd en el suelo del botadero de Carhuashjirca, en temporada de estiaje y temporada de lluvia 45
Figura 8: Concentración de Pb en el suelo del botadero de Carhuashjirca, en temporada de estiaje y temporada de lluvia 46
Figura 9: Concentración de Cr VI en el suelo del botadero de Carhuashjirca, en temporada de estiaje y temporada de lluvia 48
Figura 10: Comportamiento del Cd en época de estiaje en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo 49
Figura 11: Comportamiento del Pb en época de estiaje en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo 50
Figura 12: Comportamiento del Cr VI en época de estiaje, en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo 51
Figura 13: Comportamiento del Cd en época de lluvia, en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo 53
Figura 14: Comportamiento del Pb en época de lluvia, en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo 54
Figura 15: Comportamiento de Cr VI en época de lluvia, en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo 55
Figura 16: Comparación de Cd presente en el botadero época de estiaje y época de lluvia, con ECA para suelo agrícola 57
Figura 17: Comparación de Pb presente en el botadero época de estiaje y lluvia, con ECA para suelo agrícola 58
Figura 18: Comparación de Cr VI presente en el botadero época de estiaje y lluvia, con ECA para suelo agrícola 59

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

DENOMINACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	ABREVIATURA
Densidad	Gramo por centímetro cubico	g/cm3
Área	Hectáreas	he
Potencia	Caballo de fuerza	hp
Peso	Kilogramo	kg
Distancia	Kilometro	km
Peso	Miligramo	mg
Distancia	Milímetro	mm
Intensidad	Vatios por metro cuadrado	w/m2

SIGLAS

SIGLA	DENOMINACIÓN
Ag	Plata
Al	Aluminio
As	Arsénico
Au	Oro
Ba	Bario
Be	Berilio
CAR	Comisión Ambiental Regional
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
Co	Cobalto
Cu	Cobre
Cd	Cadmio
Cr VI	Cromo hexavalente
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
Fe	Hierro

Hg	Mercurio
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
MINAM	Ministerio del ambiente
Mo	Molibdeno
MO	Materia orgánica
Mn	Manganeso
Ni	Níquel
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OMS	Organización mundial de la salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
pH	Potencial de hidrogeno
Pb	Plomo
PVC	Policloruro de vinilo
Se	Selenio
-SH	Sulfidrilos
Sn	Estaño
T°	Temperatura
Ti	Titanio
V	Vanadio
Zn	Zin

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

En los últimos años el crecimiento poblacional ha sido significativo, sumándose a ello el consumo descontrolado de recursos, procesos migratorios desordenados y flujos comerciales insostenibles ambientalmente, que en conjunto inciden en una alta generación de residuos sólidos cuyo incremento dificulta un adecuado tratamiento, lo que conlleva a que la mayoría de las ciudades dispongan sus residuos en los ríos, en las chacras, en los mares, en las quebradas y en las vías públicas.

Una práctica común que aún subsiste, especialmente en América Latina y el Caribe, es la de disponer los desechos sobre terrenos a cielo abierto sin las medidas adecuadas para su interacción con el ambiente. Según Jaramillo (2019):

> Esta forma de disponer los desechos ocasiona graves problemas de contaminación. La disposición científicamente aceptada para los desechos sólidos son los rellenos sanitarios, instalaciones que utilizan principios de ingeniería para la disposición en el suelo, confinamiento y cobertura de los residuos sólidos minimizando los riesgos a la salud y al medio ambiente, teniendo cuidado con los líquidos y gases generados como producto de la descomposición de la materia orgánica.

El gobierno peruano emitió la nueva Ley de gestión integral de residuos sólidos, D.L. N°1278 y su reglamento (D.S. 014-2017-MINAM), y la Ley N° 27972 Ley Orgánica de Municipalidades, las cuales otorgan responsabilidades a los municipios con respecto al servicio de recolección, transporte y disposición final segura de los residuos sólidos a todos los vecinos. Además, tienen el rol de cobrar por ese servicio y de velar por la salud pública, manteniendo las ciudades libres de vectores.

Sin embargo, la mayoría de los municipios siguen con la práctica de disponer sus residuos en espacios abiertos denominados botaderos, la cual es altamente nociva para el ambiente y pone en riesgo la salud de la población, ya que los botaderos contaminan las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y el aire; además, genera olores y es foco de proliferación de insectos y roedores que transmiten enfermedades.

Los botaderos se pueden convertir en rellenos sanitarios o ser clausurados de modo tal que el lugar quede plenamente rehabilitado sin contaminación ambiental; sin embargo, en el Perú existen muy pocas experiencias de este tipo, porque la disposición final de los residuos sólidos es un tema que no tiene prioridad en las municipalidades y tampoco en la población local. Ante las importantes iniciativas de desarrollo socioeconómico, en armonía con el ambiente y la conservación de los recursos naturales que el país viene experimentando, la conversión y la rehabilitación de los botaderos representa un desafío impostergable. Más aún cuando la legislación peruana prohíbe expresamente el uso de los botaderos como medio para la disposición final de los residuos sólidos (OPS, 2004).

En la ciudad de Huaraz, los residuos sólidos son dispuestos en el botadero de Carhuashjirca. El terreno ha sido utilizado por más de 10 años como botadero, la disposición de residuos sólidos al aire libre, presenta riesgos a la población aledaña de Atipayán. A este sitio llega alrededor de 38 toneladas de residuos sólidos diariamente, que son segregados y dispuestos, sin ningún criterio técnico. “Los gases y los lixiviados generados se vierten al ambiente sin ningún tratamiento, siendo un riesgo para la salud humana, la flora y fauna” (Municipalidad Provincial de Huaraz, 2015).

Según (Wiszniowski, Robert, Gorska, & Miksch, 2006), “Los lixiviados contienen concentraciones elevadas de contaminantes orgánicos e inorgánicos, incluyendo ácidos húmicos, sustancias orgánicas, nutrientes y metales pesados, así como, sales inorgánicas que elevan la conductividad eléctrica y agentes infecciosos”.

> Los tipos de materia orgánica tienen influencia en la toxicidad de los metales pesados. La interacción de las sustancias orgánicas solubles con los metales puede ser afectada por el pH, de manera que los metales pesados tienden a separarse de los sólidos cuando el pH decrece, y cuando se incrementa se adsorben o precipitan, pero sólo hasta cierto límite, después del cual son de nuevo solubilizados (Bourg & Loch, 1995).

Por otra parte, Álvarez & Mochon (2020), sostienen que “Los componentes de los lixiviados pueden ser movilizados hacia el suelo, estar en posición de ser absorbidos por las plantas o perfusionar hacia los mantos acuíferos y afectar los suministros de agua potable”. Asimismo, de acuerdo con González, Tornero, Cruz, & Bonilla (2007), “Los metales pesados pueden ingresar a las redes tróficas y ocasionar, en primera instancia, bioacumulación y una posterior biomagnifcación a través de los niveles tróficos superiores”.

El presente trabajo de investigación, propuso determinar la afectación del suelo por metales pesados: cadmio, plomo y cromo VI; del botadero Carhuashjirca; para tal fin se escogieron 3 puntos de muestreo de manera aleatoria, y un punto control; distribuidos en las zonas más representativos y accesibles del botadero de Carhuashjirca.

Para arribar a los resultados se plantearon los siguientes objetivos específicos: diagnosticar el estado situacional del botadero de Carhuashjirca, determinar el contenido de metales pesados: Cadmio, Plomo y Cromo VI, que afectan al suelo como consecuencia de la lixiviación de residuos sólidos municipales en el botadero, determinar las propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, temperatura, humedad, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico), que facilitan la movilidad de los metales pesados ~~en el suelo~~, determinar la calidad ambiental del suelo, comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo agrícola.

Los resultados obtenidos a través de la presente investigación serán de mucha utilidad para la ciudad de Huaraz, ya que tendrán datos representativos del impacto negativo que ocasiona la disposición final inadecuada de los residuos sólidos en el ambiente, lo que ayudará a los encargados del área a buscar alternativas de solución para mejorar la gestión adecuada de residuos sólidos de su jurisdicción en el marco de su competencia, logrando asimismo mejorar su imagen institucional.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar la afectación del suelo por metales pesados: Cadmio, Plomo y Cromo VI en el botadero de Carhuashjirca del distrito y provincia de Huaraz, por la disposición de residuos sólidos municipales, en el periodo 2019 – 2020.

1.1.2. Objetivos específicos

a. Diagnosticar el estado situacional del botadero de Carhuashjirca.
b. Determinar el contenido de metales pesados: cadmio, plomo y cromo VI, que afectan al suelo como consecuencia de la lixiviación de residuos sólidos municipales en el botadero.
c. Determinar las propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, temperatura, humedad, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico), que facilitan la movilidad de los metales pesados en el suelo.
d. Determinar la calidad ambiental del suelo, comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo agrícola.

1.2. Hipótesis

Existe la afectación del suelo por metales pesados: Cadmio, Plomo y Cromo VI, como consecuencia de la disposición final de residuos sólidos en el botadero de Carhuashjirca del distrito y provincia de Huaraz, en el periodo 2019 – 2020.

1.3. Variables

1.3.1. Variable independiente

Disposición de residuos sólidos municipales en el suelo.

1.3.2. Variable dependiente

Afectación del suelo por metales pesados: Cadmio, Plomo y Cromo VI.

1.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1: *Operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Método
Disposición de residuos sólidos municipales en el suelo	Proceso u operación para realizar la disposición final de residuos sólidos como última etapa de su manejo (Brandan, 2008).	Fisicoquímicos	✓ Temperatura ✓ pH ✓ %Humedad ✓ Materia orgánica ✓ Capacidad de intercambio catiónico	
Afectación del suelo por metales pesados: Cadmio, Plomo y Cromo VI	Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana (MINAM, Guia de muestreo para suelo, 2013)	Metales	✓ Cadmio, ✓ Plomo ✓ Cromo VI (superan los Estándares de Calidad Ambiental de Suelo.)	Análisis fisicoquímicos

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

En relación al tema de investigación se buscó antecedentes de tesis, libros, páginas web, artículos entre otros a nivel regional, nacional e internacional que tengan relación directa con las variables del presente estudio, en función de ello se ha tomado en cuenta los siguientes:

2.1.1. A nivel regional

En el estudio “Bioacumulación de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en *Raphanus Sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017", el autor encontró lo siguiente:

> La investigación concluye que el plomo (Pb) y cadmio (Cd) son bioacumulados en *Raphanus sativus* cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017 por lo tanto se demostró que pueden ser incorporados a la cadena trófica afectando la salud de los seres vivos. (Asencios, 2017)

2.1.2. A nivel nacional

Díaz (2019), en el estudio “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo, 2018”, reporta que con el objetivo general de determinar la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo, mediante una investigación de tipo descriptivo, analizando los metales pesados Cromo VI, Cromo total, Cadmio y Plomo en suelos, los resultados de Cadmio en los 3 puntos de muestreo superan el ECA para un suelo agrícola y con respecto al Plomo en los 3 puntos de muestreo están por debajo del ECA, establecidos mediante D.S-002-2013-MINAM.

Del mismo modo, Torres (2018), en el estudio “Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg Y Pb en el botadero de Cancharani de la Ciudad de Puno”, determinó que las concentraciones de los metales pesados Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Cobre (Cu) en los suelos de dicho botadero sobrepasan los límites máximos permisibles a excepción del Arsénico (As) y Mercurio (Hg) que se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para un suelo agrícola. En cuanto al gráfico de distribución de los metales pesados, concluye también que los metales pesados Cadmio, Plomo, Mercurio y Cobre; a medida que se alejan del centro del botadero disminuyen los niveles de la concentración, a excepción del Arsénico que aumenta su nivel de concentración a medida que se aleja del botadero. En el estudio realizado se comprueba que el botadero de Cancharani está contaminando el suelo del lugar.

En la investigación “Evaluación de la contaminación por disposición final de residuos sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lamay y Calca - región Cusco” ejecutado por Champi & Villalba (2014), realizada entre los meses de febrero a noviembre del año 2013, considerando épocas de secas y lluvias, con el objetivo de evaluar la contaminación por disposición final de residuos sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lamay y Calca, informan que para la caracterización y categorización de botaderos; se consideró el método de calificación y categorización de botaderos, de acuerdo a la guía técnica establecidas por el MINAM y MINSA. Los parámetros considerados en las

evaluaciones físico-químicas para suelo fueron metales pesados (Plomo, Cadmio y Cromo). Los parámetros de los suelos se determinaron según los métodos normalizados para el análisis químico agrícola. Los resultados de los parámetros del análisis físico-químico de suelos, en la mayoría de las evaluaciones las concentraciones fueron mayores en los suelos de lixiviado. Respecto a la presencia de metales pesados encontraron Plomo y Cromo en valores traza, los cuales están por debajo de los estándares de calidad ambiental (ECA).

El Programa de adecuación y manejo ambiental para el relleno sanitario de Kehuar- Anta (Cusco), con el propósito de realizar el estudio de línea base del Relleno Sanitario, identificar los principales impactos y proponer acciones de adecuación y manejo para los factores ambientales impactados, concluye “que la identificación de metales pesados muestra que el Cromo se encuentra en un nivel traza mientras que el Plomo y Cadmio presentan niveles por encima del nivel traza” (Yarlequé, 2013).

2.1.3. A nivel internacional

Con el objeto de estimar el efecto que genera la presencia del contaminante en las propiedades geotécnicas de suelo residual, para estudiar el efecto que pueden generar los lixiviados de residuos sólidos en los suelos tropicales, efectuaron el estudio “Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical, Colombia, 2017” en el que se caracterizaron geotécnicamente dos muestras de suelo residual del mismo origen, una expuesta al efecto de lixiviados de residuos sólidos por más de 15 años y otra en condiciones naturales (no contaminada), mediante una campaña de ensayos de laboratorio para caracterizar las propiedades físicas, químicas, estructurales, mecánicas y mineralógicas de los suelos, “los resultados permitieron establecer que la exposición de la muestra contaminada a los lixiviados genera cambios significativos en sus propiedades físicas, químicas, estructurales, hidromecánicas y mineralógicas” (Quintero, Valencia, & Lara, 2017).

En la investigación “Estudio de la contaminación por plomo en suelos de una planta de reciclaje de baterías cerrada en Freire, IX región, Santiago – Chile. 2017”, el investigador concluye:

> Se determinó la concentración de plomo en las muestras de suelo tanto del sitio como de los niveles basales, encontrándose que existían diferencias estadísticamente significativas entre las medias de ambos grupos. Las concentraciones de plomo en el sitio superaban ampliamente los niveles basales y la normativa de referencia elegida (400 [mg/Kg] EPA). Y se plantearon 4 alternativas de mitigación con sus respectivas ventajas y desventajas entre las que se tiene: solidificación/estabilización, lavado de suelo/lixiviación ácida, excavación del suelo y disposición fuera del sitio, y cobertura de suelo. (Romero, 2017)

En el estudio “Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de Moravia en Medellín: transferencia a flora y fauna y evaluación del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas. Bogotá – Colombia. 2010”, el investigador concluye en que:

> A pesar de haber transcurrido 24 años desde su cierre, el antiguo botadero de basuras de Moravia presenta en sus capas superficiales una alta concentración de Pb, Ni, Cr, Hg y Cd, con valores que exceden por un amplio rango los límites permisibles en suelos agrícolas, en enmiendas para aplicación en suelos agrícolas, e incluso reportes previos de rellenos sanitarios. La absorción de metales pesados en las especies vegetales presentó el orden Cr > Cd> Ni > Pb. Los factores de bioconcentración estimados fueron bajos, siendo los valores máximos: 0.36 (*Arachis pintoi*, Cr), 2.96 (*Bidens pilosa*, Cd) y 0.26 (*Brachiaria decumbens*, Ni). Sin embargo, nuestras estimaciones del potencial de fitorremediación de las plantas evaluadas sugieren que éstas poseen baja eficiencia fitorremediadora. (Sanchéz, 2010).

El estudio “Análisis de Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn en el antiguo botadero “El Valle”, determinó lo siguiente:

Las concentraciones de metales pesados en ciertos elementos del ecosistema para conocer su posible incidencia en la red trófica y sus riesgos potenciales. Cd y Cr sobrepasan los límites permisibles en el suelo, mientras que el Hg y Cd en agua y lixiviados. También se encontró al Cu y Zn en vegetales, pero estos elementos están dentro de los límites permisibles. (Granizo & Marquéz, 2007).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Residuos Sólidos

Los residuos sólidos "son sustancias o productos en estado sólido que ya no se necesita, pero que pueden ser reaprovechados" (MINAM, 2009).

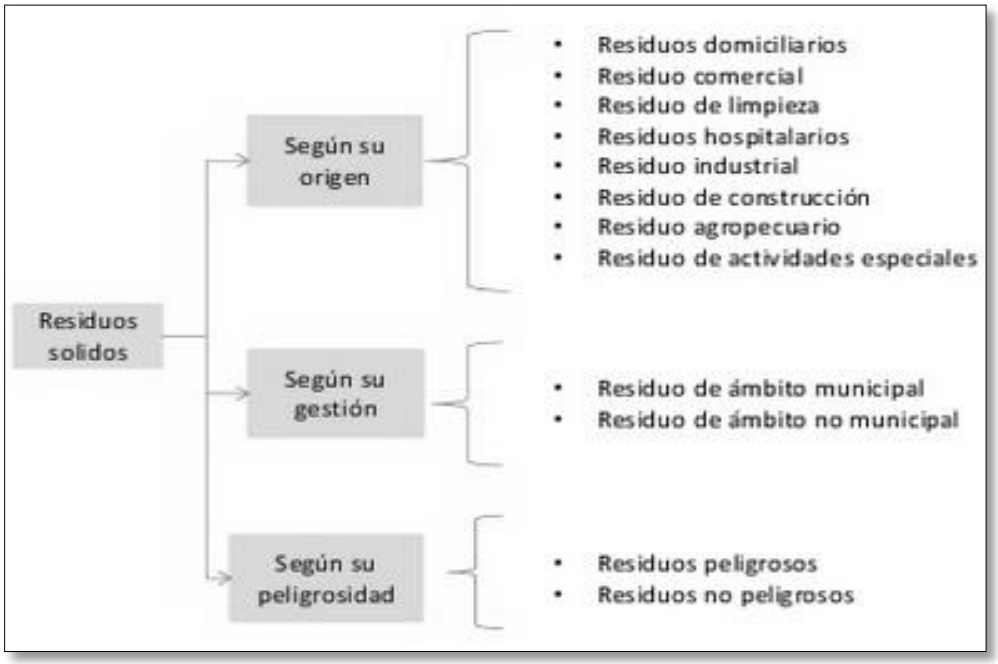


Figura 1: *Clasificación de residuos sólidos*

Fuente: MINAM (2009.)

2.2.2. Residuos sólidos municipales

"Son una masa heterogénea compuesta de desechos provenientes de las viviendas, comercio e instituciones, barrido de vías y áreas públicas; cuya gestión está cargo de las autoridades municipales" (Jaramillo J. , 2012).

2.2.3. Componentes de un sistema de manejo de residuos sólidos.

A. La generación: Los residuos domésticos que se generan son: "restos inorgánicos (bolsas, latas, botellas, etc.) y restos orgánicos de alimentos. En este punto se aplican las prácticas de minimización (reúso de envases, reciclaje de materiales, segregación, compostaje en biohuertos) con el fin de reducir la cantidad de residuos generados" (OPS, 2003).

Tabla 2: *Indicadores de generación diaria de residuos por habitante*

Organización	Generación diaria de residuos por habitantes (Kg/hab.)
OPS	0.3 a 0.8
CEPAL	0.5 a 1.2

Fuente: OPS (2003)

B. El almacenamiento: "Comprende la etapa de acopio temporal en pequeños contenedores o bolsas plásticas, bajo condiciones seguras, en el lugar de generación hasta que son retirados por el servicio de recolección" (OPS, 2003).

C. La recolección y el transporte: Incluye todas las actividades propias de la recolección de los residuos sólidos desde el sitio de origen de acuerdo con la frecuencia y los horarios pre establecidos, y su traslado hasta el sitio donde deben ser descargados una vez agotada su capacidad. Este sitio puede ser, bien una instalación de tratamiento de materiales, o bien el relleno sanitario donde se realizará la disposición final. (OPS, 2003)

D. La segregación: Tiene como objetivo la recuperación de materiales, preferiblemente en el sitio de origen o también en la planta de tratamiento, pero nunca en la disposición final, la segregación se realiza a fin de disminuir el volumen de residuos por manejar y lograr su aprovechamiento económico, incluyéndose el reusó y reciclaje. (OPS, 2003)

E. Tratamiento: Es el procesamiento de los residuos mediante métodos físicos, químicos o biológicos se realiza con el fin de reducir su volumen o

características de peligrosidad, entre otros objetivos. Los métodos con mayor perspectiva de aplicación en la región son el compostaje, la lombricultura y compactado. (OPS, 2003)

F. **Disposición final:** “Constituye la última etapa operacional del manejo de residuos sólidos y debe realizarse en condiciones seguras, confiables y de largo plazo” (OPS, 2003). En el Perú para la disposición final de residuos sólidos se usan las siguientes técnicas.

Relleno sanitario: Es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo en instalaciones especialmente diseñadas y operadas como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros como para minimizar efectos adversos para el ambiente y para la salud pública. En la operación de un relleno sanitario se utilizan principios de ingeniería para confinar los residuos en un área definida, que es cubierta diariamente con capas de tierra y compactada para reducir su volumen. Además, se prevé la aplicación de sistemas que permitan controlar los líquidos y los gases producidos por el efecto de la descomposición. (CEPIS, 2003)

Instalaciones mínimas en un relleno sanitario

Según el D.S. N° 014-2017-MINAM, publicado en el diario El Peruano (2017), “las instalaciones del relleno sanitario deben cumplir como mínimo con lo siguiente”:

a. Impermeabilización de la base y los taludes del relleno con el uso de geomembrana con un espesor mínimo de 1.2. mm y el uso de geotextil entre la geomembrana;
b. Drenes de lixiviados con planta de tratamiento o sistema de recirculación interna de los mismos;
c. Drenes y chimeneas de evacuación y control de gases;
d. Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial;
e. Barreras sanitarias, que pueden ser barreras naturales o artificiales que contribuyan a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales.

f. Pozos para el monitoreo de agua subterránea, en caso corresponda;
g. Sistemas de monitoreo y control de gases y lixiviados;
h. Señalización y letreros de información conforme a la normativa sobre seguridad y salud en el trabajo;
i. Sistema de pesaje y registro;
j. Control de vectores y roedores;
k. Instalaciones complementarias, tales como caseta de control, oficinas administrativas, almacén, servicios higiénicos y vestuario.

Operaciones mínimas en un relleno sanitario

De acuerdo al D.S. N° 014-2017-MINAM, publicado en diario El Peruano (2017), “las operaciones mínimas que deben realizarse en un relleno sanitario son”:

a. Recepción, pesaje y registro del tipo y volumen de los residuos sólidos;
b. Nivelación y compactación diaria para la conformación de las celdas de residuos sólidos;
c. Cobertura diaria de los residuos con capas de material que permita el correcto confinamiento de los mismos;
d. Compactación diaria de la celda en capas de un espesor no menor de 0.20 m.
e. Cobertura final con material de un espesor no menor de 0.50 m;
f. Monitoreo de los parámetros establecidos en la línea base para la calidad del aire, suelo, ruido y agua superficial o subterránea.
g. Mantenimiento de pozos de monitoreo, drenes de lixiviados, chimeneas para evacuación y control de gases, canaletas superficiales.

Botadero: Según CEPIS (2003):

> Es el lugar de disposición final de residuos sólidos que no cuenta con la infraestructura necesaria para ser considerado un relleno sanitario. En el botadero se darán las condiciones mínimas de operación para que los residuos no se encuentren a cielo abierto;

estos residuos deberán ser compactados en capas para reducir su volumen y confinados periódicamente con material de cobertura.

2.2.4. Contaminación del suelo por la operación de botaderos

"Es el deterioro estético de los pueblos y ciudades, con la consecuente desvalorización, tanto de los terrenos donde se localizan los botaderos como de las áreas vecinas, por el abandono y la acumulación de basura" (Jaramillo J. , 2012).

Galán y Romero (2008) en relación a la contaminación del suelo por la operación de botaderos, sostiene entre otras consideraciones lo siguiente:

> Aproximadamente el 10% de la basura está compuesta por metales. Su enterramiento puede contaminar las aguas subterráneas, mientras que la incineración puede contaminar la atmósfera al liberar metales volátiles y como consecuencia contaminar los suelos.
>
> Los contaminantes pueden abandonar un suelo por volatilización, disolución, lixiviado o erosión, y pasar a los organismos cuando pueden ser asimilables (bioasimilables), lo que normalmente ocurre cuando se encuentran en forma más o menos soluble. En concreto, la posibilidad de que un elemento (contaminante o no) quede libre y pase a disolución en un suelo se llama disponibilidad.
>
> El suelo actúa en general como una barrera protectora de otros medios más sensibles (hidrológicos y biológicos), filtrando, descomponiendo, neutralizando o almacenando contaminantes y evitando en gran parte su biodisponibilidad. Esta capacidad depuradora de un suelo depende de los contenidos en materia orgánica, carbonatos y oxihidróxidos de hierro y manganeso, de la proporción y tipo de minerales de la arcilla, de la capacidad de cambio catiónico del suelo, del pH, textura, permeabilidad y actividad microbiana. Por tanto, para cada situación, el poder depurador de un suelo tiene un límite. Cuando se superan esos límites para una o

varias sustancias, el suelo funciona como contaminado y es fuente de contaminación.

Por otra parte, “la causa principal de la contaminación por metales pesados es debido a la intervención antropogénica, siendo los botaderos y rellenos sanitarios uno de los sitios de mayor acumulación de estos contaminantes” (Banat & Howari, 2005).

2.2.5. Metales pesados

Según García & Dorronsoro (2005):

> Se considera metal pesado aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 g/cm3 cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos y alcalino térreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0.1% y casi siempre menor del 0.01%. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos que, aunque son metales ligeros o no metales se suelen englobar con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados.

“Son tóxicos en concentraciones bajas” (Londoño, 2016). Dentro de los metales pesados hay dos grupos:

- **Oligoelementos o micronutrientes**: Son los requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades traza por plantas y animales, y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Dentro de este grupo están: As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Fe, Se y Zn (Garcia & Dorronsoro, 2005).

- **Metales pesados sin función biológica:** Cuya presencia en determinadas cantidades en los seres vivos ocasiona disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. En este grupo tenemos: Cd, Hg, Pb, Sb, Bi, Sn, Tl, etc. (Garcia & Dorronsoro, 2005).

Según sostiene la OMS (2015):

> Los metales pesados ingresan al organismo mediante los alimentos o en forma de partículas mediante la respiración, éstos se almacenan en el organismo produciendo toxicidad. Como refiere la OMS, los elementos pesados como el plomo, el cadmio, el mercurio entre otros generan daños en el sistema nervioso central y renal, las transferencias de los metales pesados hacia los alimentos son ocasionados por la contaminación del suelo, agua o el aire.

A. Cadmio: De acuerdo con Adriano (2001),

> Representa el 1.5×10-5 % en peso de la corteza terrestre. No se encuentra nativo. Frecuentemente se presenta en pequeñas cantidades asociado a minerales de Zinc, tales como la Esfalerita (ZnS). Minerales propios son la Greenockita o Blenda de Cadmio (CdS) (que es el único importante), la Otavita (CdCO3) y la Monteponita (CdO). El nivel natural de Cadmio en el suelo es generalmente <1 ppm. Puede existir de forma natural en altas concentraciones cuando se encuentra asociado a minerales de Zinc, o en áreas cercanas a depósitos de Cadmio. Básicamente se recupera como subproducto de los procesos de fundición y refinamiento de concentrados de Zinc en una proporción de 3.0-3.5 kg·tm-1 de zinc.

"La principal especie de Cadmio en la solución del suelo es Cd+2 aunque también puede formar los siguientes iones complejos: CdCl+, CdOH+, CdHCO3+, CdCl3¯, CdCl4-2, Cd(OH)3¯ y Cd(OH)4-2 junto con complejos orgánicos" (Kabata-Pendias, 2000).

> En suelos contaminados las especies de Cadmio soluble predominantes son el ion libre Cd+2 junto con otras especies neutras como CdSO4 o CdCl2, presentes en cantidades crecientes donde el pH es mayor que 6.5. El Cadmio no tiene función biológica esencial y tanto él como sus compuestos son muy tóxicos para plantas y

animales. La solubilidad de las sales de Cadmio en agua es muy variable; los halogenuros, el sulfato y el nitrato son solubles mientras que el óxido, el hidróxido y el carbonato son prácticamente insolubles. (Alloway, 2013)

El Cadmio se considera un elemento no esencial en los sistemas biológicos. El Cadmio biodisponible para las plantas en la solución del suelo, debe estar en forma de iones libres hidratados o ligado a otros compuestos orgánicos o inorgánicos. La absorción de Cd ocurre a través de los mismos transportadores para minerales como K, Ca, Mg y Fe. (Sarma & Dubey, 2005).

El comportamiento del Cadmio incorporado al suelo está en función de reacción química y en los diversos procesos físicos y biológicos que ocurren en el suelo. Las principales reacciones involucradas en las interacciones entre los metales y los componentes del suelo son las de adsorción, precipitación y formación de complejos. (Ahumada & Schalscha, 1995)

El Cadmio es fuertemente adsorbido por la materia orgánica del suelo. Cuando el cadmio está presente en el suelo éste puede ser extremadamente peligroso, y la toma a través de la comida se puede incrementar. Los suelos que son ácidos aumentan la toma de Cadmio por las plantas. Esto es un daño potencial para los animales que dependen de las plantas para sobrevivir. (Ahumada & Schalscha, 1995)

B. Plomo: En relación a este metal pesado, diversos autores sostienen lo siguiente:

El Plomo (número atómico 82) presenta una densidad de 11.4 g/cm3 y es considerado uno de los metales pesados de mayor toxicidad. Las emisiones naturales de Plomo se ocasionan por las sales del mar, volcanes e incendios forestales, entre otros. El consumo de combustibles fósiles, incineración de basura, la

producción de hierro, acero y cemento se consideran las principales causas antropogénicas de emisión de Pb. Otras fuentes importantes en el ambiente son las baterías, las pinturas, tuberías e insecticidas. (Sarma & Dubey, 2005).

El Plomo es muy tóxico cuya ingestión (en forma de vapor, humo o polvo) provoca saturnismo y que se acumula en los huesos. Niños de hasta 6 años (los niños absorben 4-5 veces más plomo que los adultos) y mujeres embarazadas son los grupos más susceptibles de sufrir los efectos del plomo. (IHOBE , 1998)

Como otros metales pesados el Plomo se une e inactiva los grupos –SH de proteínas, inhibe la biosíntesis del grupo hemo y puede sustituir al Calcio en los huesos y en procesos bioquímicos (incluso pequeñas dosis de Pb pueden causar neurotoxicidad ya que sustituye al Ca2+ en las funciones nerviosas). Es tóxico para mamíferos, aves y se concentra en todos los organismos acuáticos. Se han observado problemas en la reproducción, una menor supervivencia y limitación en el crecimiento con niveles tan bajos como 1,0-5,1 µm/l de Pb en agua. (Alloway, 2013)

El Plomo es un contaminante mayor en el ambiente; que genera gran preocupación para la salud humana y los ecosistemas debido a que por su peso molecular tiende acumularse en suelos, sedimentos y cuerpos de agua en forma rápida y a permanecer en el ambiente como un contaminante atmosférico. (Ortiz, Morillo, & Villavicencio, 1999)

"Una vez que el Pb se deposita en el suelo, es inmovilizado por el componente orgánico, ya sea por el humus, o por las fases sólidas arcillosas en donde se adsorbe químicamente" (Domenech & Peral, 2006), de tal forma que la cantidad disponible para las plantas es baja y se encuentra en los primeros 5 cm superficiales. "La adición de ácidos orgánicos puede incrementar su solubilidad y aumentar el transporte de Pb desde la raíz hacia órganos aéreos" (Sarma & Dubey, 2005).

Dado que el Pb no es un elemento esencial, las plantas no presentan mecanismos de absorción para este metal y dicha absorción puede ocurrir por transporte pasivo. Algunos complejos entre Pb y grupos carboxílicos presentes en la superficie radicular, pueden entrar a las raíces, a pesar que dicho mecanismo no está completamente definido. Una vez dentro de las raíces, este metal se une a los sitios de intercambio iónico en las paredes celulares, o se precipita como fosfatos o carbonatos. El Pb no ligado, viaja a través de los canales de Ca, y puede acumularse en el floema y en la xilema. La toxicidad de Pb en las plantas está asociada a reducción de la tasa de germinación y crecimiento radicular, reducción de la tasa fotosintética y bajo rendimiento en la producción de biomasa. (Sarma & Dubey, 2005).

C. **Cromo VI:** En relación a este metal pesado, diversos investigadores sostienen lo siguiente:

Es considerado la forma más tóxica del Cromo. Los compuestos de Cromo hexavalente Cr (VI), existen en varias formas, una de ellas la constituyen los cromatos, que se usan como pigmentos en fotografía, pirotecnia, tinturas, pinturas, tintas y plásticos. También se los encuentra en el acero inoxidable, tinturas textiles, conservantes de lana, productos para la curtiembre de cuero, tratamientos anticorrosión y cemento. (Vega, 2013)

El Cr (VI) es conocido porque causa varios efectos sobre la salud. Cuando es un compuesto en los productos de la piel, puede causar reacciones alérgicas, como es erupciones cutáneas. Después de ser respirado el Cr (VI) puede causar irritación de la nariz y sangrado de la nariz. Otros problemas de salud que son causado por el Cr (VI) son: Erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético y cáncer de pulmón. (WHO, 1988)

La mayor parte del Cromo se encuentra en forma insoluble, formando precipitados o adsorbido a la fracción solida del suelo y sedimentos. Además, su movilidad es muy limitada y depende del contenido de arcillas, óxido de hierro y materia orgánica, de manera que puede adsorberse irreversiblemente a la matriz de suelos. (Moreno, 2003).

2.2.6. Movilización de metales pesados en el suelo.

Los factores que influyen en la movilización de metales pesados en el suelo son:

- Características del suelo: pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de cambio, presencia de carbonatos, materia orgánica, textura, etc.
- Naturaleza de la contaminación: origen de los metales y forma de deposición.
- Condiciones ambientales: acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura y humedad, etc.

"La movilización es relativa a todos estos factores, pero especialmente a aquellos que afectan a la transferencia desde fases sólidas a líquidas" (Sauquillo, Rigol, & Rauret, 2003).

Según varios autores, los metales como contaminantes del suelo "son persistentes e irreversibles, especialmente el Cadmio, el cual es asimilado por la vegetación, lo que puede perturbar gravemente a las plantas y a los mamíferos que las consuman" (Veléz., 2006).

2.2.7. Relación metal – planta

Algunas de las características que influencian la biodisponibilidad de los metales pesados a las plantas, incluyen el pH, y el contenido de la materia orgánica, de arcilla y de óxidos-hidróxidos.

La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto el As, Mo, Se y Cr, los cuales tienden a estar más disponibles a pH alcalino. El pH es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alto se produce la precipitación como hidróxidos. En medios muy alcalinos, pueden nuevamente pasar a la solución como hidroxicomplejos. Por otra parte, algunos metales pueden estar en la disolución del suelo como aniones solubles. Tal es el caso de los siguientes metales: Se (Selenato y/o Selenito), V (Vanadato), As (Arseniato y/o Arsenito), Cr (Cromatos). La adsorción de los metales pesados está fuertemente condicionada por el pH del suelo, también su solubilidad. (Kabata-Pendias, 2000)

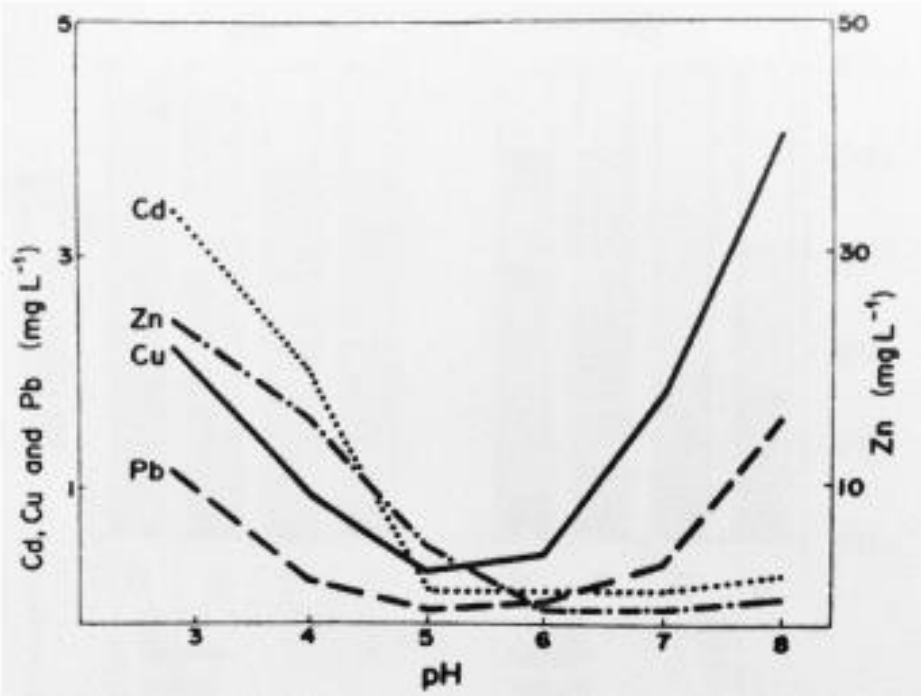


Figura 2: *Influencia del pH sobre la adsorción de metales en el suelo*

Fuente: (Kabata-Pendias,2000).

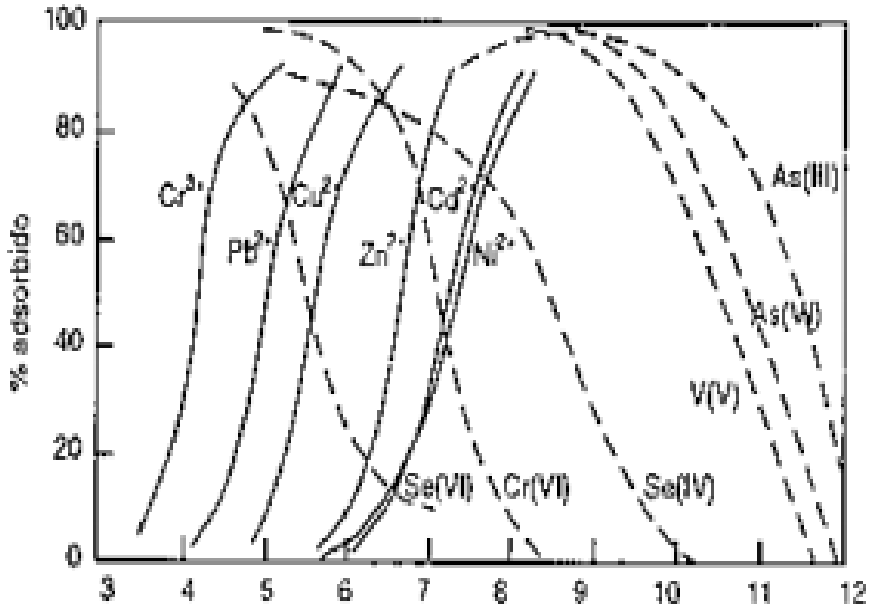


Figura 3*: Influencia del pH en la concentración de distintos metales en la solución del suelo*
Fuente: (Kabata-Pendias,2000).

Algunos autores señalan que la biodisponibilidad de algunos metales presentes en el suelo, para las plantas, tienen mayores niveles de adsorción. Por ejemplo, la adsorción del Mn disponible en suelos por parte de las plantas es mayor que para el Zn, seguidos en orden por el Cd, el Cu y por último y menos biodisponible, para pasar la barrera suelo raíz-planta, el Pb. (Zn> Cd> Cu> Pb). (Kabata-Pendias, 2000).

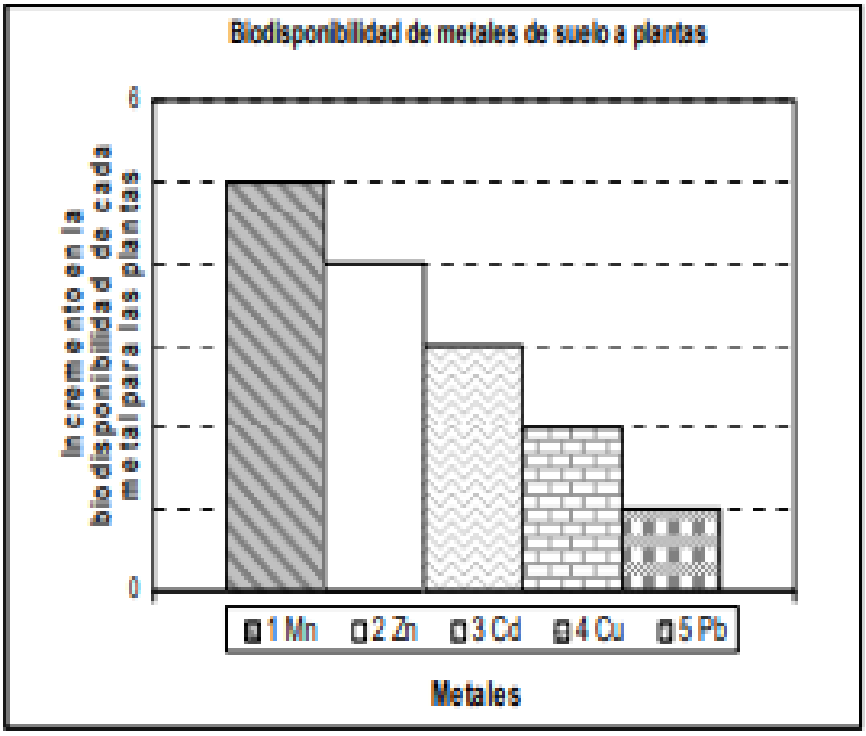


Figura 4: *Representación esquemática de la biodisponibilidad de metales presentes en el suelo para las plantas.*
Fuente: (Kabata-Pendias,2000).

2.2.8. Efectos de los metales pesados al medio ambiente.

"Son bastantes graves y hablando específicamente, cambia la alcalinidad del suelo, dependiendo mucho de la concentración, afectando los recursos naturales como el agua y la degradación del suelo" (Erostegui, 2009).

2.2.9. Muestreo de suelos

El muestreo es la actividad por la que se toman muestras representativas que permiten caracterizar el suelo en estudio, en tanto que la muestra puede ser definida como una parte representativa que presenta las mismas características o propiedades del material que se está estudiando, las cuales serán enviadas al laboratorio, para ser analizadas de acuerdo a los objetivos establecidos.

La técnica del muestreo a aplicar depende, entre otros, del objetivo del estudio, de las condiciones edáficas, meteorológicas, geológicas e

hidrogeológicas en el sitio, la profundidad y accesibilidad de la contaminación en estudio y de los requerimientos analíticos acerca de la cantidad y calidad de las muestras.

Para muestras superficiales: Para la toma de muestras superficiales (hasta una profundidad de aproximadamente un metro) se pueden aplicar sondeos manuales. Este sistema es relativamente fácil, rápido de usar y de bajo costo, siendo poca la cantidad de suelo que se puede extraer con esta técnica, será necesario obtener muestras compuestas de varios sondeos. Otras técnicas alternativas para la toma de muestras superficiales pueden ser hoyos o zanjas.

Para muestras en profundidad: En un sitio potencialmente contaminado puede existir también una distribución espacial en profundidad de las sustancias contaminantes.

Ésta puede resultar de la interacción entre las características y propiedades del suelo a lo largo del perfil con las características y propiedades de las propias sustancias contaminantes. Por ello, es esencial que el muestreo refleje también la posible variabilidad espacial en profundidad de las sustancias contaminantes. De otra forma, las decisiones tomadas pueden no resultar adecuadas. (MINAM, 2014)

2.3. Marco legal

- La Constitución Política del Perú, promulgada en el año 1993, en su artículo N° 2 numeral 22, establece que “toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida”. Y en su artículo N° 67 establece que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales (Wikipedia, s.f.).

- Ley N°28611. Ley General del Ambiente, en su artículo N° 1 menciona que: Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, y sus componentes, por otro lado en su artículo N° 67 menciona que las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial,

regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la disposición de excretas y de los residuos sólidos en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento. (El Peruano, 2005).

- Ley General de Salud N° 26842 del 20-07-97, en la cual se reconoce la responsabilidad del Estado frente a la protección de la salud ambiental. En su Artículo 96 del Capítulo IV, se menciona que en la disposición de sustancias y productos peligrosos deben tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños a la salud humana o al ambiente. Así mismo, los Artículos 99, 104 y 107 del Capítulo VIII, tratan sobre los desechos y la responsabilidad de las personas naturales o jurídicas de no efectuar descargas de residuos o sustancias contaminantes al agua, el aire o al suelo. (El Peruano, 2001).

- Decreto Legislativo N°1278, que aprueba Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y su reglamento Decreto supremo N°014 – 2017 MINAM, que establece los criterios mínimos para la selección de sitio, habilitación, construcción, operación y cierre de las infraestructuras de disposición final.
  Articulo N° 114; Que establece las instalaciones mínimas en un relleno sanitario.
  Articulo N° 115: Que establece las operaciones mínimas en un relleno sanitario. (El Peruano, 2017).

- Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, en su artículo N° 5, inciso b, establece que para los efectos de la clasificación de los proyectos de inversión que queden comprendidos dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, “la autoridad competente deberá ceñirse, entre otros, al criterio de la protección de la calidad ambiental, tanto del aire, del agua, del suelo, como la incidencia que puedan producir el ruido y los residuos sólidos, líquidos” (El Peruano, 2001).

- Ley N° 27972. Ley Orgánica de municipalidades, en su artículo N° 80, incisos 3 y 3.1, indica que es una función exclusiva de las municipalidades distritales: Proveer el servicio de limpieza pública, determinando las áreas de acumulación de desechos,

rellenos sanitarios y en el inciso 1 y 1.1. Establece como una función exclusiva de las municipalidades provinciales: regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial. (El Peruano, 2003).

- Ley N° 29783. Ley de seguridad y salud en el trabajo, principio de protección: Los trabajadores tienen derecho a que el Estado y los empleadores aseguren condiciones de trabajo dignos, que les garanticen un estado de vida saludable, física, mental y socialmente, en forma continua. Dichas condiciones deben propender a:
    - Que el trabajo se desarrolle en un ambiente seguro y saludable.
    - Que las condiciones de trabajo sean compatibles con el bienestar y la dignidad de los trabajadores y ofrezcan posibilidades reales para el logro de los objetivos personales de los trabajadores (El Peruano, 2011).

- Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, contempla que los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo: Son aplicables a todo proyecto y actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia. Los ECA para Suelo son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental, lo que incluye planes de descontaminación de suelos o similares. (El peruano, 2013)

- Resolución Ministerial N°085-2014-MINAM: Aprueban Guía para el Muestreo de Suelos y Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos. La Guía para Muestreo de Suelos tiene como objetivo de brindar las especificaciones para el muestreo de sitios contaminados, determinando la presencia, identidad y cantidad de contaminantes presentes, así como la extensión y volumen de sitios contaminados en todo proyecto y/o actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia. (MINAM, 2014)

2.4. Definición de términos básicos

Residuos Sólidos: "Son sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente" (MINAM, 2016). Esta definición incluye también a los residuos generados por eventos naturales

Residuos Sólidos de Ámbito de Gestión Municipal: "Residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos" (MINAM, 2016).

Botadero: "Lugar inadecuado de disposición final de residuos sólidos en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios y/o ambientales" (MINAM, 2016).

Contaminación ambiental: "Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente" (MINAM, 2016).

Manejo Integral de Residuos Sólidos: De acuerdo con lo expresado por el MINAM (2016). Es un conjunto de acciones normativas, financieras y de planeamiento que se aplica a todas las etapas del manejo de residuos sólidos desde su generación, basándose en criterios sanitarios ambientales y de viabilidad técnica y económica para la reducción en la fuente, el aprovechamiento, tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos. (MINAM, 2016)

Lixiviado: "Líquido que percola a través de los residuos sólidos, compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, escorrentías, la humedad de la basura y la descomposición de la materia orgánica que arrastra materiales disueltos y suspendidos" (Sáez & Urdaneta, 2014).

Punto de muestreo: "Lugar (punto o área determinada) del suelo donde se toman las muestras, sean éstas superficiales o de profundidad" (MINAM, 2014).

Calicatas: “La calicata es el único medio disponible que realmente permite ver y examinar un perfil de suelo en su estado natural. De ser necesario, se podrá obtener muestras no alteradas de horizontes seleccionadas de una calicata” (Wikipedia, 2019).

Afectación del suelo: De acuerdo con Padilla & Gonzáles (2014), un suelo puede afectarse: Al acumularse en su composición sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos, las sustancias a esos niveles se vuelven tóxicas para los organismos que viven en el suelo. Se trata de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo.

Biodisponibilidad: Normalmente sólo una fracción pequeña de una sustancia potencialmente contaminante de un medio es biodisponible. Su efecto suele ser negativo, pero también puede ser indiferente para un organismo específico. La biodisponibilidad de un elemento está en función de: a) la forma química y física en la que se encuentra en el medio; y b) la capacidad de los organismos para absorberlo o ingerirlo. Estos elementos pueden ser acumulados en el organismo (bioacumulación) hasta tres, cuatro o cinco órdenes de magnitud mayores que la concentración del medio donde vive. (Galán & Romero, 2008)

pH: Es el principal factor de control de la disponibilidad de los metales para las plantas. La mayor parte de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, ya que al producirse un descenso del mismo se mejora tanto la solubilidad de los metales como su absorción por las raíces de las plantas. En algunos casos, suele ocurrir que un incremento del pH del suelo no provoca necesariamente una disminución en la disponibilidad de los metales como ocurre con el As, Mo, Se y Cr. De manera que, el pH es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alcalino se produce la precipitación como hidróxidos. Sin embargo, en medios muy alcalinos estos hidróxidos pueden pasar de nuevo a la solución como hidroxicomplejos. Por otra parte, algunos metales como Se, V, As y Cr pueden estar en la disolución del suelo en forma de aniones solubles. (Roca, s.f.)

Materia orgánica: La materia orgánica del suelo presenta una elevada afinidad por ciertos metales (Co, Cu, Mo, Ni, Pb y Zn), reaccionando con ellos e influyendo en su disponibilidad. La disponibilidad de los metales está generalmente asociada con la formación de complejos de los metales con las sustancias húmicas y con otros

compuestos de elevado peso molecular. Los metales, una vez que forman estos complejos, pueden migrar más fácilmente a las capas profundas o mantenerse en la solución del suelo como complejos orgánicos solubles. (Roca, s.f.)

Capacidad de intercambio catiónico: De acuerdo con lo que sostiene Roca (s.f.). La CIC es una función del contenido en arcilla y materia orgánica del suelo, controla también la disponibilidad de los metales. En general, un incremento en la CIC produce un aumento en el tiempo en que estos metales se encuentran disponibles para las plantas dado que aumenta la capacidad del suelo de fijar metales.

Temperatura: "La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que medimos en su movimiento medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño" (Ramos & Zuñiga, 2008).

Humedad: "Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno" (Wikipedia, 2019).

Movilidad: La movilidad de un metal depende no sólo de su especiación química, sino de una serie de parámetros del suelo tales como pH, materia orgánica, carbonatos, minerales de la arcilla, etc. Así, no todos los cationes de cambio están igualmente disponibles, sino que depende del mineral o minerales de los que están formando parte como complejo de cambio. No será igual si se encuentran en una esmectita o en una illita. Cuando el metal está precipitado, no se comportará igual si lo hace como carbonato, sulfato o fosfato. Tampoco será lo mismo que el metal se encuentre formando parte de un sulfuro (relativamente oxidable y solubilizable) que de un silicato (prácticamente resistente en todos los medios). En general, la movilidad de los metales pesados es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes inferiores en muy pequeñas cantidades. Por eso la presencia de altas concentraciones en el horizonte superior decrece drásticamente en profundidad cuando la contaminación es antrópica. Esto sucede precisamente porque la disponibilidad de un elemento depende también de las características del suelo. (Galán & Romero, 2008)

Plomo: El suelo puede inmovilizarlo gracias a la materia orgánica y la arcilla, pero si hay pH acido el Plomo (Pb) es móvil y será tomado por las plantas. (Vega, 2013). En el ser humano, el plomo (Pb) puede tener una amplia variedad de efectos biológicos según el nivel y la duración de la exposición. Se han observado efectos en el plano subcelular y efectos en el funcionamiento general del organismo que van desde la inhibición de las enzimas hasta la producción de cambios morfológicos y la muerte. (WHO, 1915)

Cadmio: Los procesos naturales de liberación de Cadmio (Cd) como fuente de contaminación son insignificantes en comparación con el procedente de la actividad humana. La contaminación del suelo proviene de pigmentos, pinturas, baterías, PVC, aleaciones y fertilizantes químicos fosfatados. El Cadmio se acumula en los horizontes superficiales de los suelos, pero puede emigrar hasta la capa freática. Su vida media es de 15 a 1,100 años suponiendo un problema a largo plazo. A bajo pH aumenta la asimilación de Cd por las plantas. (Vega, 2013)

Cromo VI: Es considerado la forma más tóxica del cromo. Los compuestos de cromo hexavalente Cr (VI), existen en varias formas, una de ellas la constituyen los cromatos, que se usan como pigmentos en fotografía, pirotecnia, tinturas, pinturas, tintas y plásticos. También se los encuentra en el acero inoxidable, tinturas textiles, conservantes de lana, productos para la curtiembre de cuero, tratamientos anticorrosión y cemento. (Vega, 2013)

ECAS: Es la medida que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos o biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, y que dicha concentración no sea significativa para la salud de las personas ni al ambiente. (Ministerio del Ambiente, 2010)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1. Tipo de investigación

La investigación, según el enfoque es de tipo cuantitativo; según la finalidad es aplicada, ya que “en la investigación se describió una realidad, en este caso la relación entre la concentración de metales pesados y la disposición final de residuos sólidos en el suelo” (Rodriguez Felix, 2012).

Según el nivel de estudio, la investigación es “descriptiva-correlacional por la relación entre las variables” (Rodriguez Felix, 2012).

3.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental, “ya que se realizó sin la manipulación de variables, sólo se analizó la relación entre las variables en su entorno natural” (Tamayo Tamayo, 2003).

3.3. Métodos y técnicas

Muestreo: El muestreo se realizó conforme a lo establecido en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, y que establece la Guía para muestreo de suelos (2014), se realizó el muestreo de identificación, "con el objetivo de investigar la existencia de contaminantes en el suelo y la evaluación de riesgos a la salud humana, la flora y fauna; para lo cual se usó la técnica de muestreo para muestras superficiales, esta técnica consistió en hacer calicatas" (MINAM, 2014).

Procedimiento: Para la elección de los puntos de muestreo se usó "el patrón de muestreo aleatorio estratificado" (MINAM, 2014), de cada área con características diferentes (estratos). Considerándose así tres estratos y un punto control y se tomó un punto por estrato en la parte más accesible y representativa del área, se recogieron muestras de 500 gr de suelo (250 gr. para metales pesados y 250 gr. para propiedades fisicoquímicas), por punto de muestreo. En este caso la muestra fue no probabilística, la elección de la muestra fue al azar, se tomaron puntos accesibles para muestreo superficial, teniendo en cuenta la pendiente del terreno y la dirección de lixiviación, de tal forma que los P1, P2 y P3 están afectados por el botadero y consideramos un punto denominado PControl "sin evidencias de contaminación y/o afectado por los residuos sólidos" (Hernández & Fernández, 2014.

Para la recolección de muestras de suelo se realizaron calicatas de 0.50 m x 0.50 m y la profundidad fue variable, esto en consideración al uso de suelo, según la guía para el muestreo de suelos contaminados: para el primer punto se consideró una profundidad de 10 cm (suelo de uso comercial/ industrial/extractivo) y para los puntos 2, 3 y PC, se consideró una profundidad de 20 cm suelo de uso agrícola (ver Anexo 3).

3.3.1. Ubicación de los puntos de muestreo

Punto 1: Zona afectada. (Parte central del botadero).

Punto 2: Zona con actividad antrópica y/o afectada. (Parte baja del botadero).

Punto 3: Zona con actividad antrópica (Ingreso al botadero).

PControl: Zona con actividad antrópica, alejada del botadero, sin evidencia de contaminación.

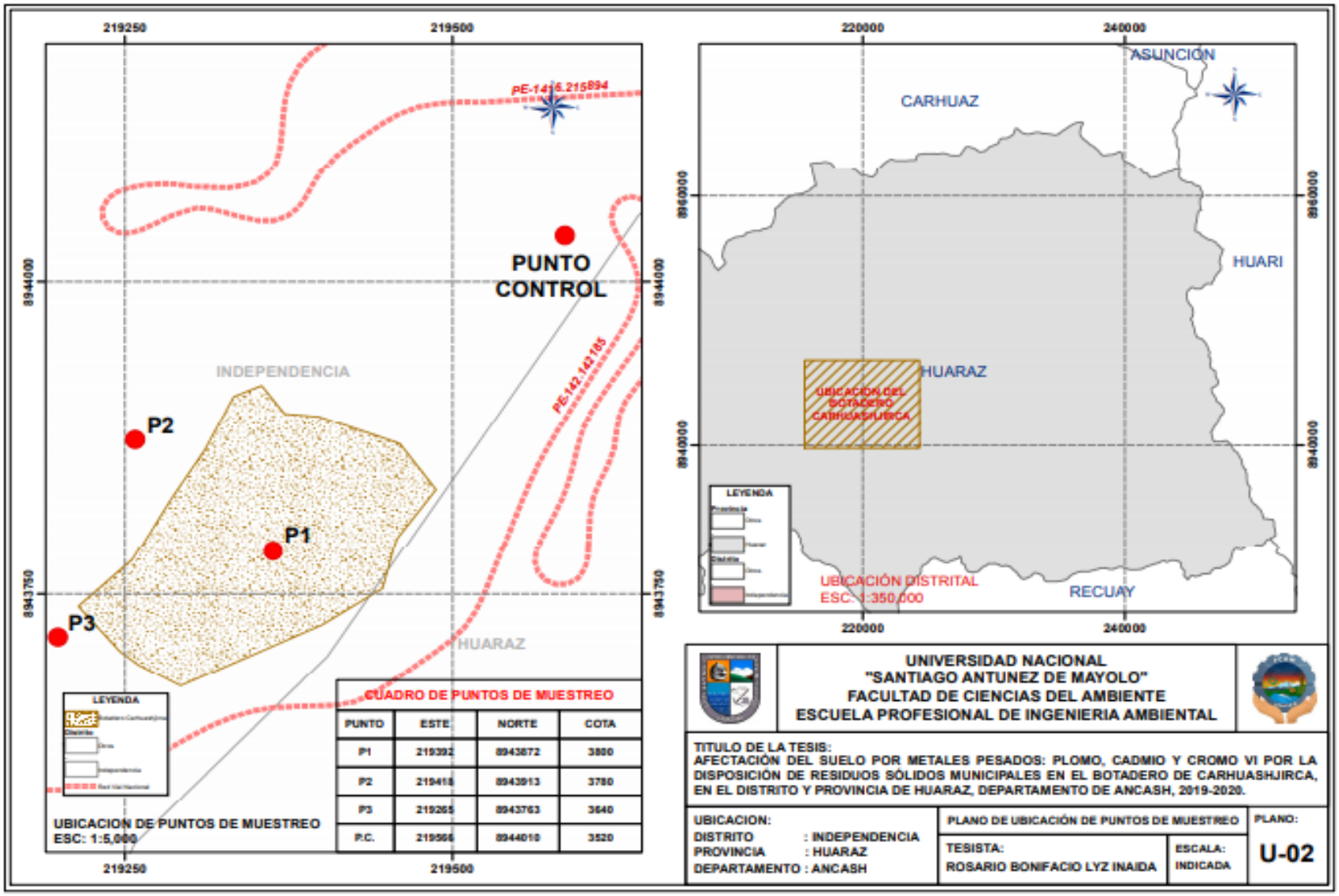


Figura 5: *Mapa de ubicación de los puntos de muestreo*

3.3.2. Unidades de muestreo

500 gr. de suelo por punto de muestreo.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población o universo de estudio estuvo comprendida por el área total del botadero.

El área de estudio fue determinada conforme al estado actual de la zona, y debido a que anteriormente no se han realizado trabajos de investigación relacionado al tema materia de estudio; para lo cual se realizó primeramente el reconocimiento en campo, tomando luego las coordenadas UTM WGS 84 Zona 18, para la delimitación correspondiente. ~~y delimitándose el área de estudio.~~

3.4.2. Muestra

Botadero de Carhuashjirca.

3.5. Instrumentos validados de recolección de muestra

Las técnicas e instrumentos que se usaron en la presente investigación fueron:

Revisión bibliográfica: Abarca la búsqueda de toda la información para el desarrollo de la presente investigación, la cual está fundamentada en fuentes fidedignas como libros, tesis, revistas y libros electrónicos, entre otros.

Observación directa: “La información es captada en forma sistemática y controlada, en la que el investigador fija su atención hacia ciertos aspectos y sucesos de un acontecimiento y registra datos importantes para el cumplimiento del objetivo de estudio” (Hernemann, 2003.), la observación también es estructurada ya que el investigador percibe, ordena y documenta la información

Fichas de recolección de datos: Para la obtención de los datos se usó los registros de campo de muestreo de suelo (Ver Anexo 1).

Manual de toma de muestra: Las muestras fueron tomadas de acuerdo a la Guía para Muestreo de Suelos, en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Se usaron los estándares de calidad ambiental para suelo, Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM (ver Anexo 2).

Las Tablas 3 y 4 muestran los métodos de análisis de los parámetros fisicoquímicos del suelo y propiedades del suelo en el Laboratorio de Calidad Ambiental y Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNASAM.

Tabla 3: *Métodos de análisis de metales pesados (Pb, Cd y Cr VI), en el suelo*

Parámetro Fisicoquímico	Método
Plomo (mg/Kg)	PAR
Cadmio (mg/Kg)	Derivé de cadion
Cromo VI (mg/Kg)	Difenilcarbazida

Tabla 4: *Método de análisis de las propiedades fisicoquímicas del suelo*

Propiedades Del Suelo	Método
Materia Orgánica	Wakley And Black
Capacidad de Intercambio catiónico	Suma de cationes
pH	NOM21 – AS - 02
Temperatura (C°)	APHA 2550 B
Humedad (%)	NOM21 – AS - 05

3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información

Se utilizó Microsoft Excel para el procesamiento de datos, elaboración y presentación en tablas y figuras.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Ubicación de la zona de estudio

El trabajo de investigación se realizó en el área del botadero de Carhuashjirca, que comprende una extensión promedio de 3.5 hectáreas, que incluye el área de disposición final de residuos sólidos, el área de influencia directa e indirecta, y se procedió a ubicar los puntos de muestreo, de los cuales el P1 está ubicado en el área de disposición de residuos sólidos (parte central del botadero); el P2 en el área de influencia directa, el cual es afectado directamente por los lixiviados generados por la descomposición de los residuos sólidos que se disponen en el terreno a cielo abierto; el P3 está ubicado al ingreso del botadero, tiene interacción con los residuos que caen de los camiones recolectores y se realiza actividad antrópica; y el P Control (punto control) está ubicado en la parte alta del botadero, alejado y sin interacción con los residuos sólidos, el cual ~~nos~~ sirvió para contrastar la hipótesis.

El botadero de Carhuashjirca se ubica en la cordillera negra, entre las coordenadas UTM 8943788.66N y 219342.30E, en la localidad de Carhuashjirca, distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Áncash, cuyas características generales de ubicación se describen a continuación:

4.2. Ubicación geográfica

Departamento	: Ancash
Provincia	: Huaraz
Distrito	: Independencia
Localidad	: Carhuashjirca
Altitud	: 3499 m.s.n.m

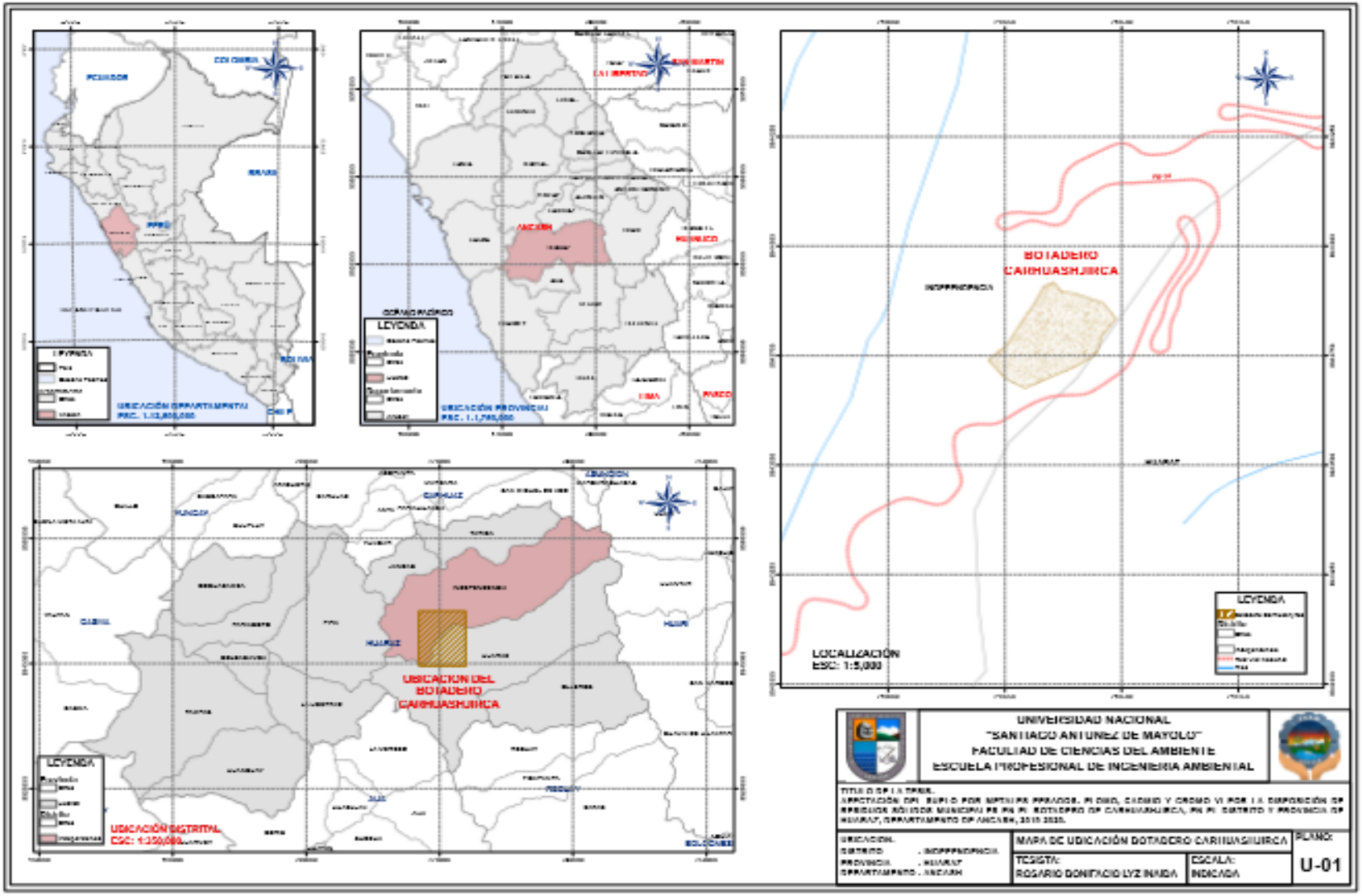


Figura 6: *Mapa de ubicación del botadero de Carhuashjirca*

4.3. Datos meteorológicos

La precipitación anual total, tomada de datos de la estación pluviométrica Huaraz, para un registro de 43 años (1943-1995) es de 660.60 mm. La temperatura entre los pisos altitudinales de 3000 – 3800 msnm, tiene un promedio de 13.67 °C, temperatura registrada en la estación Huaraz (9°31'00'' Latitud Sur 77°32'00'' Longitud Oeste). La humedad relativa es de 67 % de promedio anual y de distribución visible durante el año, en verano o épocas más lluviosas (80 %) y en invierno o época de estiaje (60%). El cielo se muestra despejado más de la mitad del año con días claros, en los que hay intensa exposición solar; la radiación solar es difusa hay nublados ligeros de temporal o excesiva vaporización. La radiación solar promedio en Huaraz es 4211 249 W/m2.

Presenta un clima frio y seco con promedios de precipitación pluvial anual de 732 mm. En función al año hidrológico las precipitaciones pluviales son estacionales, en forma moderada de setiembre a diciembre y acentuada de enero a abril, en tanto que entre mayo a agosto son periodos de estiaje con predominancia de temperaturas ambientales bajas en las madrugadas y como consecuencia la presencia de heladas. Los suelos presentan condición de húmedo durante los meses de precipitación pluvial, llegando a generar abundante escorrentía (Municipalidad Provincial de Huaraz, 2015).

4.4. Acceso

El acceso al botadero de Carhuashjirca es a través de la carretera carrozable Huaraz – Casma, que presenta 12 km, desde la garita de control policial de San Jerónimo, con una demora en vehículo a 40 minutos aproximadamente.

4.5. Diagnóstico del estado situacional del botadero de Carhuashjirca

Se realizó el diagnóstico de la disposición final de residuos sólidos de conformidad a los artículos N° 114 y 115 del D.S. 014-2017-MINAM reglamento del D.L. N°1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Como parte del diagnóstico del botadero, consideramos aspectos importantes del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales de la ciudad de Huaraz–2015, para conocer las características físicas de los residuos sólidos que se disponen en el botadero de Carhuashjirca, entre ellos tenemos:

Generación Per Cápita (GPC) de los Residuos Sólidos Domiciliarios

La generación per cápita de residuos sólidos en la ciudad de Huaraz es de 0.58 kg/hab./día, en el año 2015 (Municipalidad Provincial de Huaraz, 2015).

Generación total de residuos sólidos municipales de la ciudad de Huaraz

La generación de residuos sólidos de la ciudad de Huaraz es de 38 ton/día, en el año 2015 (Municipalidad Provincial de Huaraz, 2015).

Composición física de residuos sólidos de la Ciudad de Huaraz

La composición física de los residuos sólidos que se generan en la ciudad de Huaraz y que son dispuestos en el botadero de Carhuashjirca, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5:*Composición física de los residuos sólidos municipales*

Tipo de residuos sólidos	Composición porcentual
Materia orgánica 1	58.52 %
Madera, follaje 2	0.44 %
Papel 3	4.89 %
Cartón	1.80 %
Vidrio	2.20 %
Plástico PET 4	1.80 %
Plástico duro 5	1.60 %
Bolsas	6.19 %
Cartón multilaminado de jugos y leche	0.27 %
Tecnopor y similares 6	0.49 %
Metal	2.40 %
Telas, textiles	2.61 %
Caucho, cuero	0.41 %
Pilas	0.00 %
Restos de medicinas, focos, etc. 7	0.38 %
Residuos sanitarios 8	11.61 %
Residuos inertes 9	3.69 %
Otros 10	0.62 %
	100%

(1) Considera restos de alimentos, cáscaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, huesos y similares.
(2) Considera ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas.
(3) Considera papel blanco tipo bond, papel periódico otros.
(4) Considera botellas de bebidas, gaseosas.
(5) Considera frascos, bateas, otros recipientes.
(6) Si es representativo considerarlo en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otros.
(7) Considera restos de medicina, focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares.
(8) Considera papel higiénico, pañales y toallas higiénicas.
(9) Considera, tierra, piedras y similares.
(10) El rubro “otros” debe ser el más pequeño posible, procurando identificar sus componentes.

Fuente: Adaptado de Municipalidad Provincial de Huaraz, 2015.

Instalaciones en el botadero

En los documentos revisados en la oficina del botadero, no se encontró evidencia de la impermeabilización de la base y los taludes del botadero, según la normativa vigente, esta instalación se debe realizar con el uso de geomembrana de espesor 1.2 mm y usando geotextil entre la geomembrana.

Los drenes de lixiviados, no están conectados a una planta de tratamiento, pero si cuenta con tanques de almacenamiento de lixiviados y estos son recirculados internamente; ya que en épocas de lluvia el volumen del lixiviado se incrementa considerablemente.

El botadero no cuenta con chimeneas de evacuación, por ende, no se puede controlar los gases, esto hace que en verano se produzcan incendios.

Los canales perimétricos de intersección y evacuación de agua de escorrentía, se encuentran obstruidos por residuos sólidos y material de cobertura, facilitando el ingreso del agua de escorrentía al botadero.

El botadero se encuentra cercado con alambre de púas, evitando así el ingreso de animales y personal no autorizado, como segregadores informales, que ponen en peligro su salud, aunque al momento del estudio una parte del cerco se encontraba deteriorada facilitando el ingreso de perros y personas.

En cuanto a las señalizaciones, encontramos sólo dos, el de la oficina y servicios higiénicos, ya que al estar expuestos a la intemperie se deterioran con facilidad, pero cabe recalcar que estas señales de seguridad son indispensables para el personal que labora en el botadero y como también para los visitantes.

El registro y pesaje de los residuos que llegan al botadero se realiza de una manera ineficiente, esto debido a que no se cuenta con una balanza para realizar el cálculo diario, solo se tiene el cálculo del estudio de caracterización de residuos sólidos realizado en el 2015, con un aproximado de 38.216 toneladas de residuos sólidos municipales por día en promedio.

Se realizan fumigaciones periódicas para el control de roedores y vectores, esto lo realiza una empresa certificada, a la vez se echa cal para evitar la proliferación de moscas.

Entre las instalaciones complementarias, tenemos vestuarios, almacén, oficina, servicios higiénicos, cocina-comedor y caseta de guardianía.

Operaciones mínimas en el botadero

Los camiones recolectores, recogen los residuos sólidos en dos turnos mañana y noche, una vez cubierta su capacidad éstos son conducidos al botadero, donde el personal encargado recepciona a los camiones de acuerdo al orden de llegada, hace el registro de la hora de llegada del camión, anotando la placa y el volumen (capacidad del camión), pero no se registra el tipo de residuos sólidos que ingresa.

La nivelación y compactación de los residuos sólidos en el botadero, se realiza, haciendo uso del tractor oruga D7G de 190 HP, el cual esparce los residuos para su nivelación y compactación para la conformación de celdas de residuos sólidos, según lo especificado en la norma la celda no debe tener un espesor menor a 0.20 m. y la cobertura final con material tiene que ser de un espesor de 0.50 m. Uno de los mayores problemas que se pudo observar en este proceso es que el material de cobertura tiene alto contenido de rocas de un tamaño significativo, esto reduce la capacidad del botadero, la obstrucción de la circulación de lixiviados y que el aire quede atrapado entre celdas de residuo, el material de cobertura usado es extraído de las diferentes actividades en las que se realizan movimiento de tierras, y estos son llevados al botadero y usados como material de cobertura sin tener criterios técnicos.

En cuanto a los monitoreos de aire, agua, suelo, ruido y agua superficial o subterránea, no se encontró registro de estas actividades dentro del botadero.

No se han realizado mantenimiento oportuno de los drenes de lixiviados y canales superficiales.

4.6. Determinación del contenido de metales pesados: Cadmio, Plomo y Cromo VI, que afectan al suelo como consecuencia de la lixiviación de residuos sólidos municipales en el botadero de Carhuashjirca

Las concentraciones de los metales analizados en el primer muestreo (época de estiaje) muestran una máxima concentración de los metales en el punto 2 (P2), tal como se puede apreciar en la Tabla 6.

Tabla 6: *Concentración de Cd, Pb y Cr VI en el primer muestreo*

Puntos de muestreo	Metales pesados (mg/Kg)		
	Cd	Pb	Cr VI
P1	12.10	511.710	25
P2	15.33	922.640	39
P3	5.76	584.530	34

Las concentraciones de los metales analizados en el segundo muestreo (época de lluvia) muestran concentraciones altas del metal Pb en todos los puntos de muestreo, tal como se puede apreciar en la Tabla 7.

Tabla 7: *Concentración de Cd, Pb y Cr VI en el segundo muestreo*

Puntos de muestreo	Metales pesados (mg/Kg)		
	Cd	Pb	Cr VI
P1	4.02	150.986	<10*
P2	8.36	280.012	22
P3	3.56	410.616	15
PC	4.86	582.860	<10*

* Limite de detección para el Cr VI es de 10 mg/kg, los resultados están por debajo del límite

Cabe mencionar, que el muestreo del punto control sólo se realizó en época de lluvia, periodo en el cual se hizo la observación por los miembros del jurado, ya no hubo tiempo para ser realizado en época de estiaje, en este punto se analizaron los 3 metales pesados en estudio y las propiedades fisicoquímicas del suelo. Esto se realizó con el objetivo de contar con un punto que no esté interactuando con el producto de la descomposición de residuos sólidos dispuestos en el botadero; para determinar si los lixiviados generados incorporan metales pesados al suelo del botadero.

La Figura 7 muestra la concentración de Cadmio en época de estiaje y época de lluvia, en el suelo del botadero de Carhuashjirca.

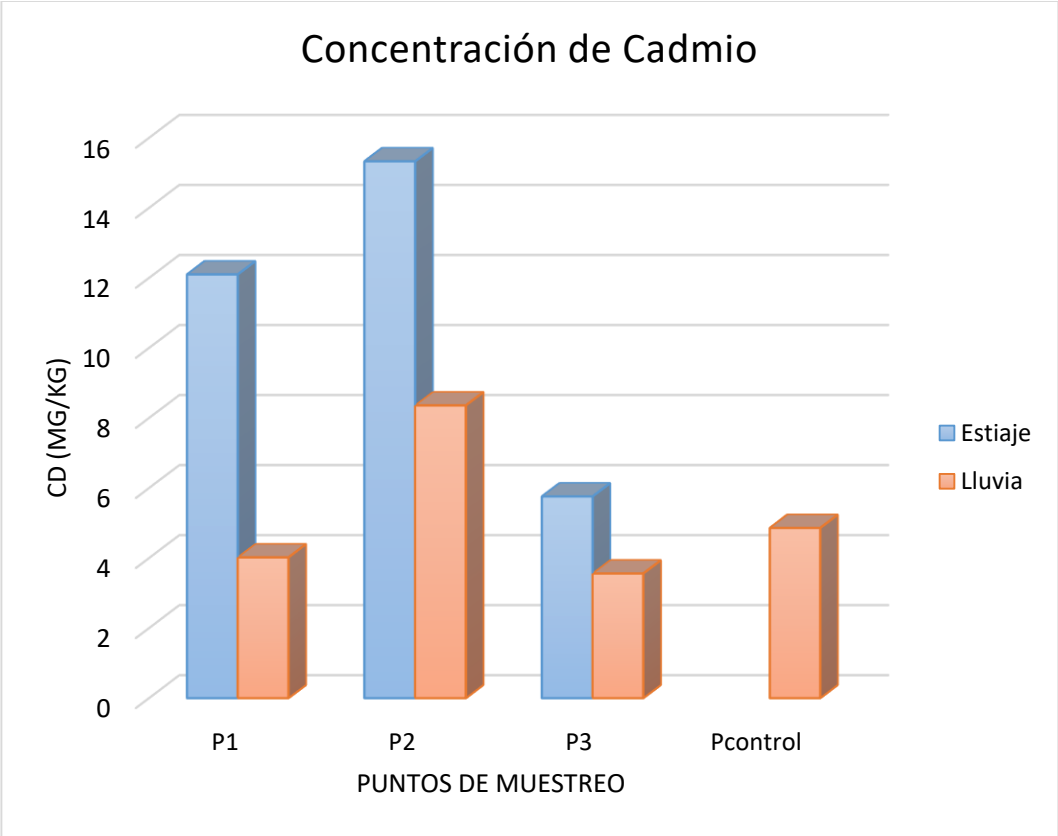


Figura 7: *Concentración de Cd en el suelo del botadero de Carhuashjirca, en temporada de estiaje y temporada de lluvia*

El contenido de Cd en el suelo está asociado principalmente con el material originario, sin embargo, las actividades industriales y la disposición de residuos han ido aumentando su concentración. El resultado del estudio nos da una mayor concentración de Cd tanto para época de estiaje y época de lluvia, en el punto 2 con valores de 15.33 mg/kg y 8.36 mg/kg respectivamente, este punto está ubicada en la parte baja del botadero donde suele almacenarse el lixiviado proveniente del botadero; una concentración menor en el punto 3 con valores de 5.76 mg/kg y 3.56 mg/kg.

En el punto control se observa una concentración de Cd de 4.86 mg/kg que es mayor al de los puntos 1 y 3 para la época de lluvia, lo cual nos indica que el suelo del botadero de Carhuashjirca tiene en su composición un alto contenido de este metal, esto

por el desgaste y erosión de la roca caliza, originaria del jurásico y cretásico, sin embargo, en el P2 lugar por donde es llevado el lixiviado, es superior al punto control lo que indica que la disposición de residuos sólidos incrementa dicha concentración.

El metal Cd tiene una fuerte tendencia de bioacumulación, ya que sus características físicas son similares al de Zinc. El Cadmio se absorbe fácilmente en los humanos, tejidos de plantas y animales. En concentraciones pequeñas puede ser nocivo para la salud, ya que es un compuesto tóxico.

La Figura 8 se muestra la concentración de Plomo en época de estiaje y época de lluvia, en el suelo del botadero de Carhuashjirca.

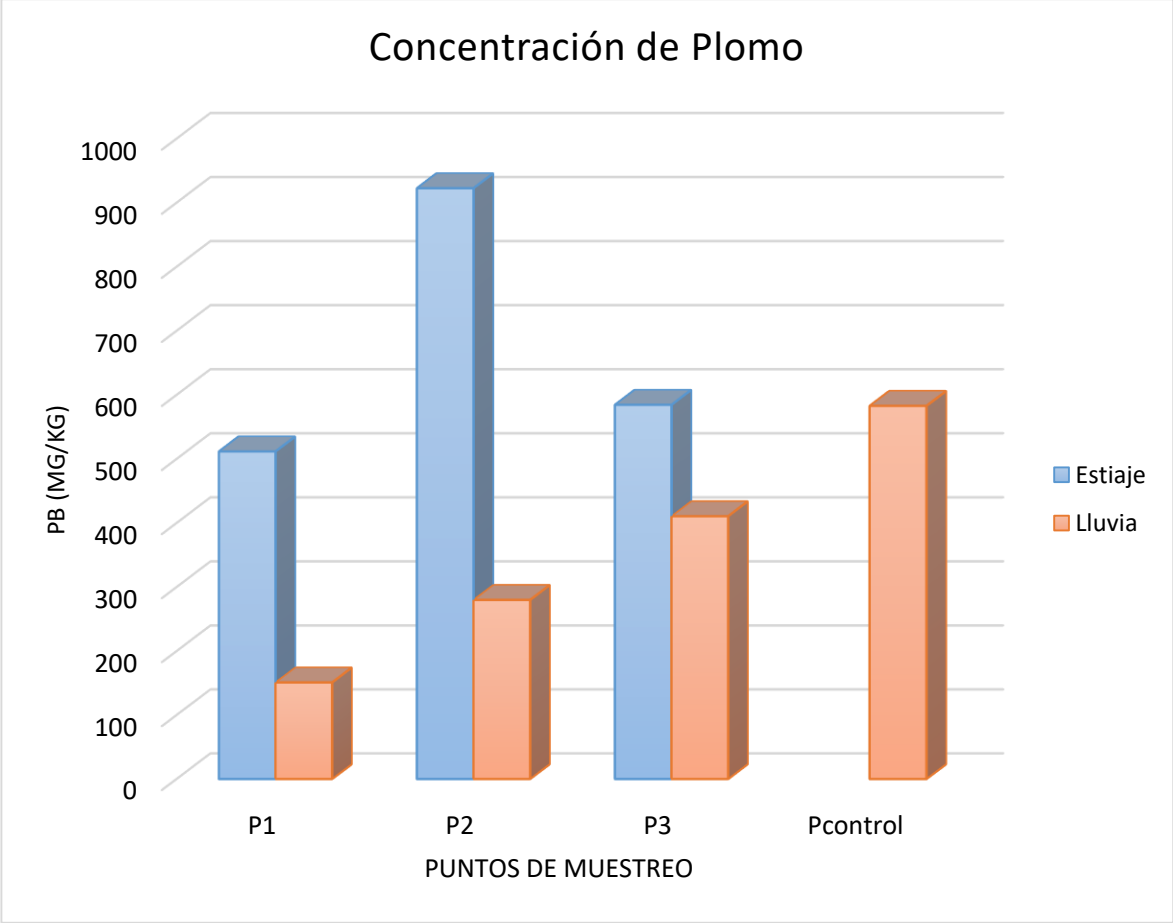


Figura 8: *Concentración de Pb en el suelo del botadero de Carhuashjirca, en temporada de estiaje y temporada de lluvia*

Según Emsley (2003), en su libro Nature´s Building Blocks an A-Z Guide to the Elements, existe una concentración natural de Plomo en el suelo, esto es de

aproximadamente 23 ppm. Para nuestro estudio tanto en época de estiaje y época de lluvia, las concentraciones de Plomo superan este valor, teniendo así una mayor concentración de Plomo en época de estiaje, en el punto 2 con un valor de 922.64 mg/kg, seguida por el punto 3 con un valor de 584.53 mg/kg y el punto 1 con un valor de 511.71 mg/kg.

En el punto control se obtuvo una concentración mayor respecto de los otros puntos, con un valor de 582.860 mg/kg, esto para la época de lluvia, seguida del P3 con una concentración de 410.618 mg/kg, cabe mencionar que en este punto se realiza actividad agrícola, por lo que podemos afirmar que el metal Pb está siendo incorporado a través de fertilizantes químicos fosfatados, y en nuestro punto control el Pb es fijado al suelo de la atmósfera y la descomposición de la roca, cabe recalcar que en el P2 para la época de estiaje se determinó una concentración elevadísima de 922.64 mg/kg y esta área es por donde se conduce los lixiviados hacia los tanques, por ende la disposición de residuos sólidos está incrementando la concentración del metal Pb en este punto.

El metal Plomo presenta una baja movilidad en suelos alcalinos debido a la formación de sales insolubles, esto concuerda con los valores de Plomo obtenidos en el estudio para las dos épocas del año, se tiene concentraciones altas respecto a los otros metales analizados.

(Hernández & Pastor, 2008), realizaron estudios de suelo en una mina abandonada, cuantificaron la concentración de Plomo en nueve suelos encontrando una concentración mínima de 2.9 mg/kg y una concentración máxima de 294 mg/kg, cabe recalcar que la zona de estudio se encontraba cubierta por pastizales intercalados con especies de *Quercus* y matorral. Comparando estos resultados con nuestro estudio es importante señalar que la diversidad de vegetación en el área de estudio influye en las concentraciones de metales presentes en el suelo, ya que hay especies que absorben ciertos metales.

La Figura 9 muestra la concentración del Cromo VI en época de estiaje y época de lluvia, en el suelo del botadero de Carhuashjirca.

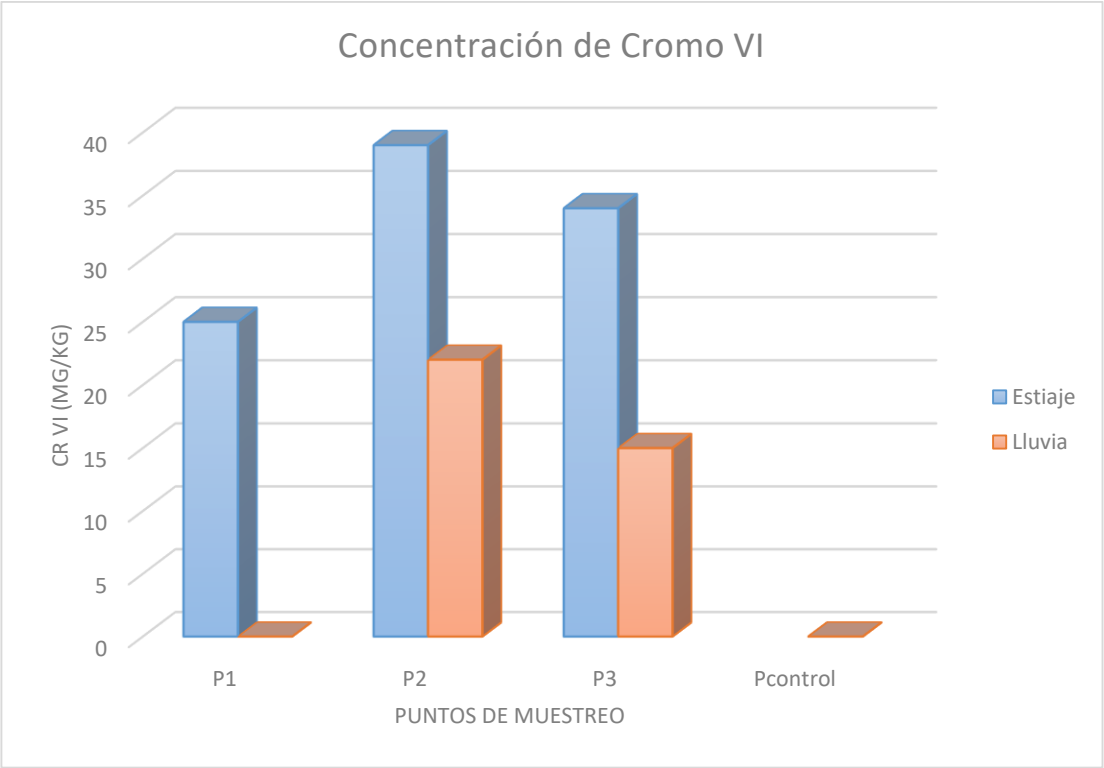


Figura 9: *Concentración de Cr VI en el suelo del botadero de Carhuashjirca, en temporada de estiaje y temporada de lluvia*

Las concentraciones máximas de Cr VI encontrados en el estudio para las dos épocas del año están en el punto 2 con valores de 39 mg/kg y 22 mg/kg respectivamente, el Cromo VI es considerado un metal muy toxico y ocasiona afecciones serias en la salud, existe en varias formas una de ellas son los cromatos, que están incorporados en algunos productos de uso diario, como son las pinturas de fotografías, baterías, barnices, los zapatos y guantes son pintados con cromatos, entre otros.

En el punto control la concentración de Cd es inferior al límite de detección, para la época de lluvia, la concentración alta en el punto 2, evidencia que este metal es incorporado al suelo por la disposición de residuos sólidos en el botadero.

4.7. Determinación de las propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, temperatura, humedad, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico), que facilitan la movilidad de los metales pesados en el suelo

La Tabla 8, muestra las propiedades fisicoquímicas del suelo del área del botadero de Carhuashjirca, del primer muestreo, realizado en agosto del 2019 (época de estiaje).

Tabla 8: *Propiedades fisicoquímicas del suelo en época de estiaje*

Puntos de muestreo	Propiedades fisicoquímicas del suelo				
	pH	Humedad %	Temp. C°	M.O %	CIC (Cmol/Kg)
P1	7.31	20.62	18.10	4.225	16.001
P2	6.91	5.01	17.00	6.149	17.015
P3	7.94	5.23	17.30	6.710	17.412

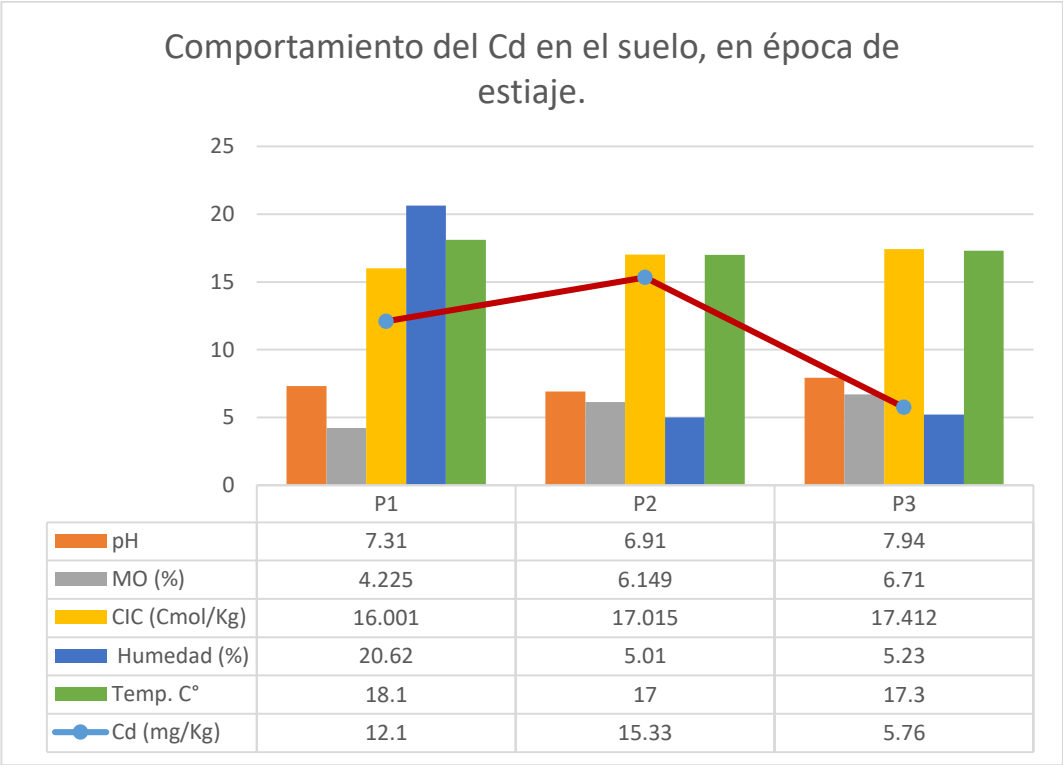
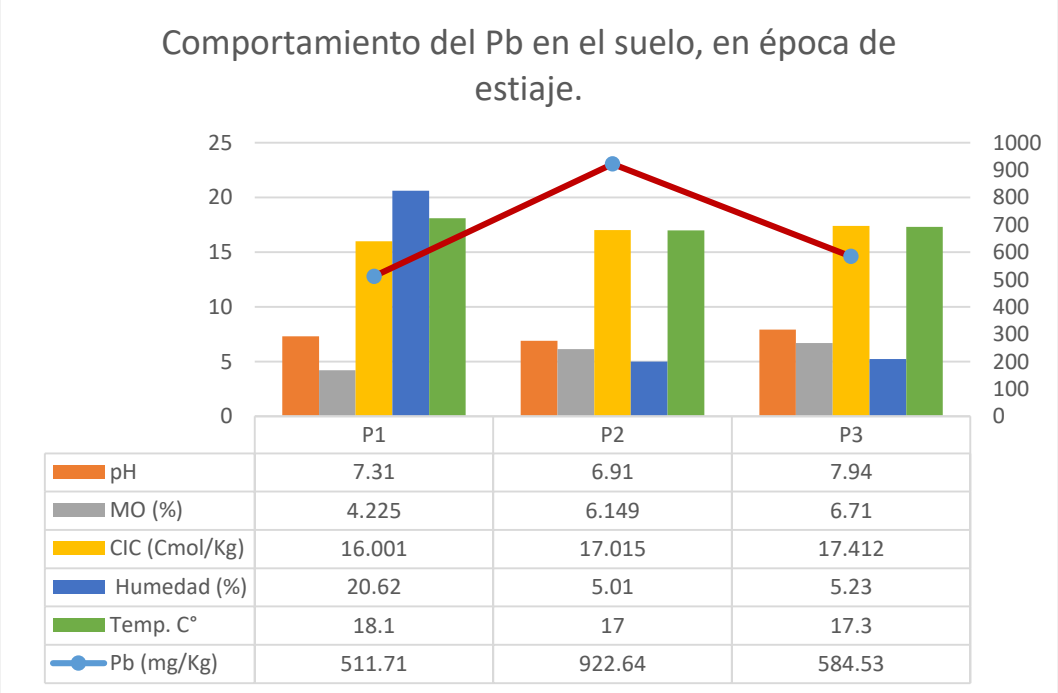


Figura 10: *Comportamiento del Cd en época de estiaje en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo*

En la Figura 10, se observa el comportamiento del metal Cadmio en los 3 puntos de muestreo, es así que en el punto 3 la concentración de este metal es mucho menor

respecto de los otros 2 puntos**,** el pH del suelo es más alcalino, presenta un elevado contenido de materia orgánica que fija el Cd en el suelo controlando la solubilidad del metal ya que precipitan en forma de carbonatos y fosfatos insolubles, se favorece también la formación de especies hidroxi monovalentes como CdOH+ que no pueden ocupar fácilmente los sitios de unión en los complejos de intercambio catiónico (Alloway, 2013) (Kabata-Pendias, 2000). En el punto 2 se observa una mayor concentración de metal Cd, esto debido a que en pH acido, el Cd se intercambia fácilmente lo que lo hace disponible para las plantas, y en esta época del año se encontró vegetación en descomposición lo cual incorpora el metal absorbido nuevamente al suelo.

En la parte central del botadero P1 la concentración de Cd es relativamente alto, esto debido a la descomposición de residuos como: baterías, cables, restos de tuberías PVC, papeles con tintes de impresión, esmaltes, entre otros residuos que tienen en su composición el metal.



	P1	P2	P3
pH	7.31	6.91	7.94
MO (%)	4.225	6.149	6.71
CIC (Cmol/Kg)	16.001	17.015	17.412
Humedad (%)	20.62	5.01	5.23
Temp. C°	18.1	17	17.3
Pb (mg/Kg)	511.71	922.64	584.53

Figura 11: *Comportamiento del Pb en época de estiaje en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo*

En la Figura 11, se observa el comportamiento del metal Plomo en los 3 puntos de muestreo, la mayor concentración de Plomo se da en el punto 2 (parte baja del botadero), según Domenech y Peral (2006), “el Plomo está fuertemente retenido, ya sea por el

humus, o por las fases sólidas arcillosas en donde se adsorbe químicamente". Lo que nos indica el por qué se encontró mayor concentración de Plomo en el punto 2, y como el pH tiende a ser casi neutro, concentración de materia orgánica y el CIC moderadamente altos, estos factores aumentan la interacción con el suelo, la solubilidad y contaminación del agua.

Además, según Calvo de Anta,1(997), "el pH influye en la estabilidad de complejos órgano-metálicos, aumentando al incrementar el pH, debido a una mayor disociación de grupos funcionales, especialmente carboxilos, el Pb2+ forma complejos con la materia orgánica más fuerte que el Cd2+", razón por la cual encontramos concentraciones altas de Plomo en todos los puntos de muestreo con respecto a los otros metales.

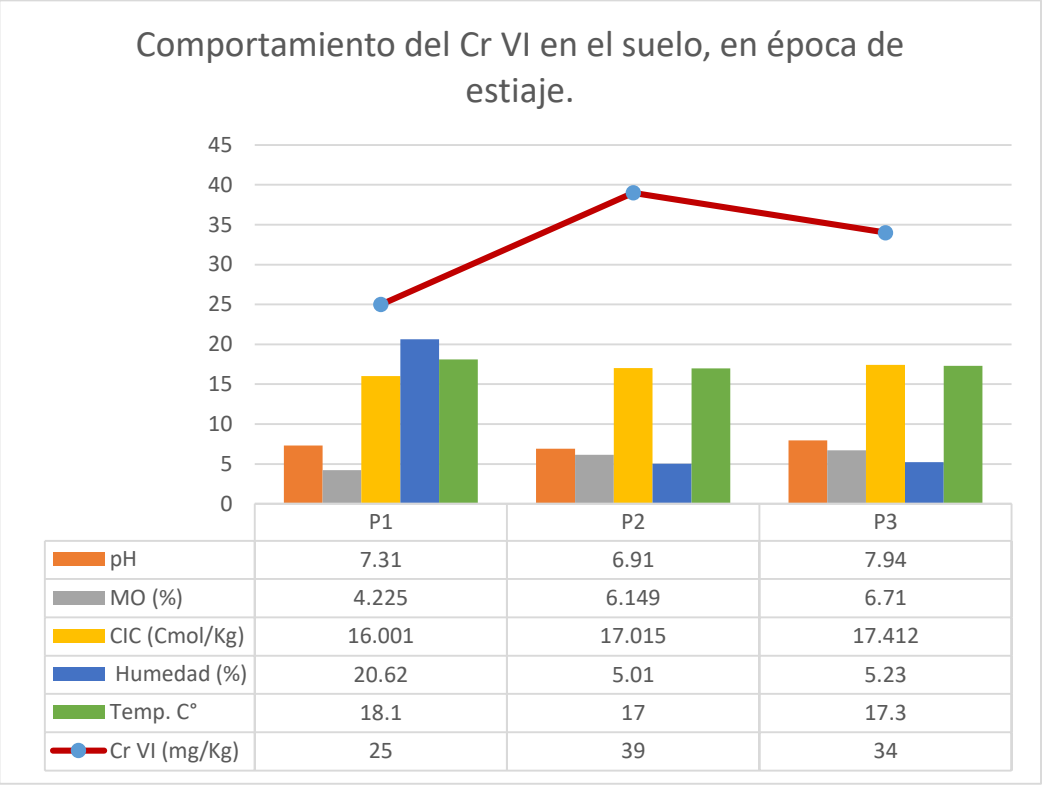


Figura 12: *Comportamiento del Cr VI en época de estiaje, en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo*

En la Figura 12, se observa el comportamiento del metal Cromo VI, en los 3 puntos de muestreo, es así como en el punto 2 la concentración de Cromo VI es mayor con una concentración de 39 mg/kg, seguida por el punto 3 con una concentración de 34 mg/kg y por último el punto 1 con una concentración de 25 mg/kg. A todo esto, favorece las

propiedades del suelo, para un suelo con pH alcalino, bajo contenido de materia orgánica, alta temperatura; el Cr III se oxida a Cr VI, en estas condiciones el metal es relativamente móvil (Kabata-Pendias, 2000).

La presencia de materia orgánica y especies inorgánicas reductoras abundante en el suelo, reducen el Cr IV a Cr III. La adsorción en los coloides del suelo está determinada por el pH, ya que se incrementa al disminuir el pH, debido a las cargas que se generan en el suelo por cambio de PH, es decir la superficie de las arcillas se cargan positivamente.

La Tabla 9, muestra los resultados de las propiedades fisicoquímicas del suelo del área del botadero de Carhuashjirca, del segundo muestreo, realizado en enero del 2020 (época de lluvia).

Tabla 9: *Propiedades fisicoquímicas del suelo en época de lluvia*

Puntos de muestreo	Propiedades fisicoquímicas del suelo.				
	pH	Humedad %	Temp. (C°)	M.O %	CIC (Cmol/Kg)
P1	8.03	15.67	18.4	3.225	12.200
P2	6.69	17.31	17.0	5.257	13.890
P3	6.99	11.71	17.2	5.453	13.132
PC	6.9	15.8	18.1	3.25	12.10

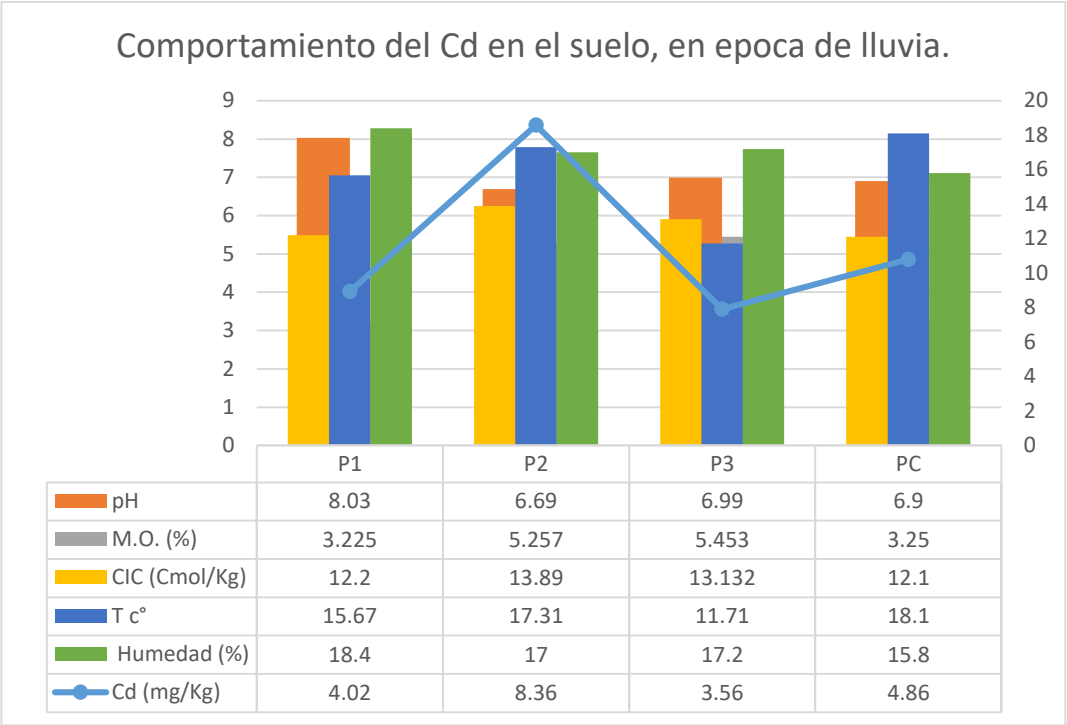


Figura 13: *Comportamiento del Cd en época de lluvia, en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo*

En la Figura 13, se observa el comportamiento del metal Cadmio en el segundo muestreo, en los 3 puntos muestreados y punto control, la mayor concentración de este metal es en el punto 2 con un valor de 8.36 mg/kg seguida por el punto control: 4.86 mg/kg; punto 1: 4.02 mg/kg y punto 3: 3.56 mg/kg. Las características fisicoquímicas del suelo en el punto control son similares a los demás puntos y en estas condiciones el metal se encuentra adsorbido a la fase solida del suelo (humus, materia orgánica y arcilla). Cabe mencionar que las concentraciones de Cadmio en los puntos de muestreo, respecto al primer muestreo disminuyeron de la siguiente manera:

Punto 1:12.10 mg/kg a 4.02 mg/kg = 8.08 mg/kg
Punto 2:15.33 mg/kg a 8.36 mg/kg = 6.69 mg/kg
Punto 3: 5.76 mg/kg a 3.56 mg/kg = 2.23 mg/kg

Esta variación de concentración se debe a la pendiente del terreno, la cual favorece a la lixiviación fluvial por las precipitaciones, lo cual evidencia que el metal ingresó a capas más profundas del suelo y pudiendo llegar a contaminar aguas subterráneas.

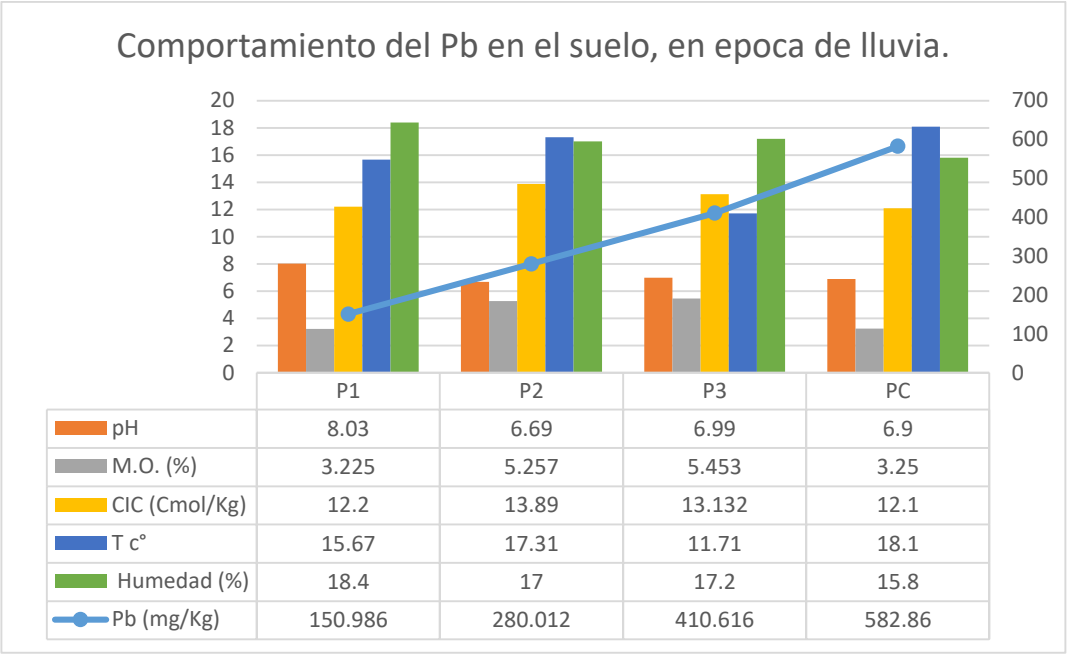
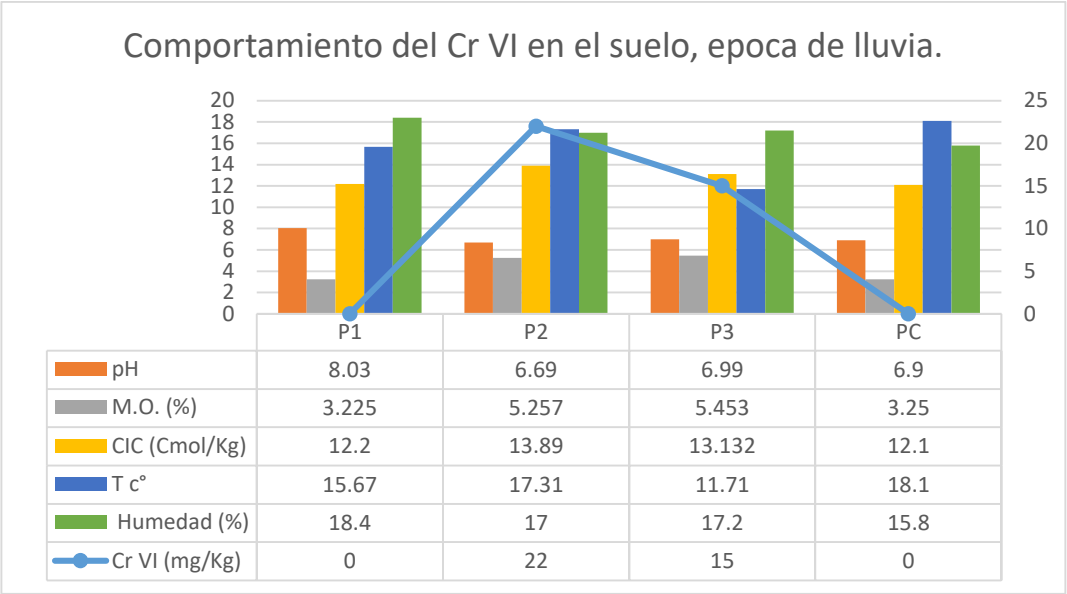


Figura 14: *Comportamiento del Pb en época de lluvia, en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo*

En la Figura 14, se observa el comportamiento del metal Plomo en los 3 puntos de muestreo y punto control, en el punto control se determinó la mayor concentración de Pb para la época de lluvia, las características fisicoquímicas del suelo son similares al de los otros puntos, por ende el metal se encuentra adsorbida en el suelo, siendo poco disponible para las plantas, como el pH es bajo, concentración de materia orgánica y el CIC moderadamente altos, estos factores aumentan la interacción con el suelo, la solubilidad y contaminación del agua. Cabe mencionar que las concentraciones de Plomo en los puntos muestreados, respecto al primer muestreo disminuyeron de la siguiente manera:

Punto 1: 511.710 mg/kg a 150.986 mg/kg = 360.724 mg/kg
Punto 2: 922.640 mg/kg a 280.012 mg/kg = 642.628 mg/kg
Punto 3: 584.530 mg/kg a 410.616 mg/kg = 173.914 mg/kg

Esta variación de concentración se debe a la pendiente del terreno, la cual favorece a la lixiviación fluvial por las precipitaciones, lavándose lateralmente. En el punto 1 y 2 hay una notable disminución de contaminantes respecto al punto 3, que es un terreno más plano.



	P1	P2	P3	PC
pH	8.03	6.69	6.99	6.9
M.O. (%)	3.225	5.257	5.453	3.25
CIC (Cmol/Kg)	12.2	13.89	13.132	12.1
T c°	15.67	17.31	11.71	18.1
Humedad (%)	18.4	17	17.2	15.8
Cr VI (mg/Kg)	0	22	15	0

Figura 15*: Comportamiento de Cr VI en época de lluvia, en relación a las propiedades fisicoquímicas del suelo*

En la Figura 15, se observa el comportamiento del metal Cromo VI, en los 3 puntos de muestreo y punto control, es así que en el punto 2 la concentración de Cromo VI es mayor con una concentración de 22 mg/kg, seguida por el punto 3 con una concentración de 15 mg/kg y los puntos 1 y punto control la concentración está por debajo del límite de detección de 10 mg/kg. Las concentraciones de metales del primer ~~muestreo~~ y segundo muestreo son de forma descendente, a todo esto, favorece las propiedades del suelo, para un suelo con pH alcalino, bajo contenido de materia orgánica, alta temperatura; el Cr III se oxida a Cr VI, favoreciendo su movilidad y lixiviación. Cabe mencionar que las concentraciones de Cromo VI en los puntos muestreados, respecto al primer muestreo disminuyeron de la siguiente manera:

Punto 1: 25 mg/kg a 10 mg/kg = 15 mg/kg
Punto 2: 39 mg/kg a 22 mg/kg = 17 mg/kg
Punto 3: 34 mg/kg a 15 mg/kg = 19 mg/kg

Esta variación de concentración se debe al contenido de materia orgánica, las altas temperaturas que facilitan la lixiviación del metal junto con los coloides del suelo.

4.8. Determinación de la calidad ambiental del suelo, comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

En la Tabla 10, se muestra las concentraciones de Cd, Pb y Cr VI, analizadas en el primer muestreo, agosto 2019 (época de estiaje) y los valores del ECA para suelo agrícola.

Tabla 10*: Comparación de las concentraciones de Cd, Pb y Cr VI, en los puntos de muestreo, en época de estiaje con el ECA para suelo agrícola*

Metales pesados (mg/kg)	Puntos de muestreo			ECA para suelo (mg/kg)
	P1	P2	P3	
Cd	12.10	15.33	5.76	1.4
Pb	511.410	922.640	584.530	70
Cr VI	25	39	34	0.4

En la Tabla 11, se muestra las concentraciones de Cd, Pb y Cr VI, analizados en el segundo muestreo, enero 2020 (época de lluvia), y los valores de ECA para suelo agrícola.

Tabla 11: Comparación de las concentraciones de Cd, Pb y Cr VI, en los puntos de muestreo, en época de lluvia con el ECA para suelo agrícola

Metales pesados (mg/kg)	Puntos de muestreo				(ECA para suelo mg/kg)
	P1	P2	P3	PC	
Cd	4.02	8.36	3.56	4.86	1.4
Pb	150.986	280.012	410.616	582.860	70
Cr VI	<10	22	15	<10	0.4

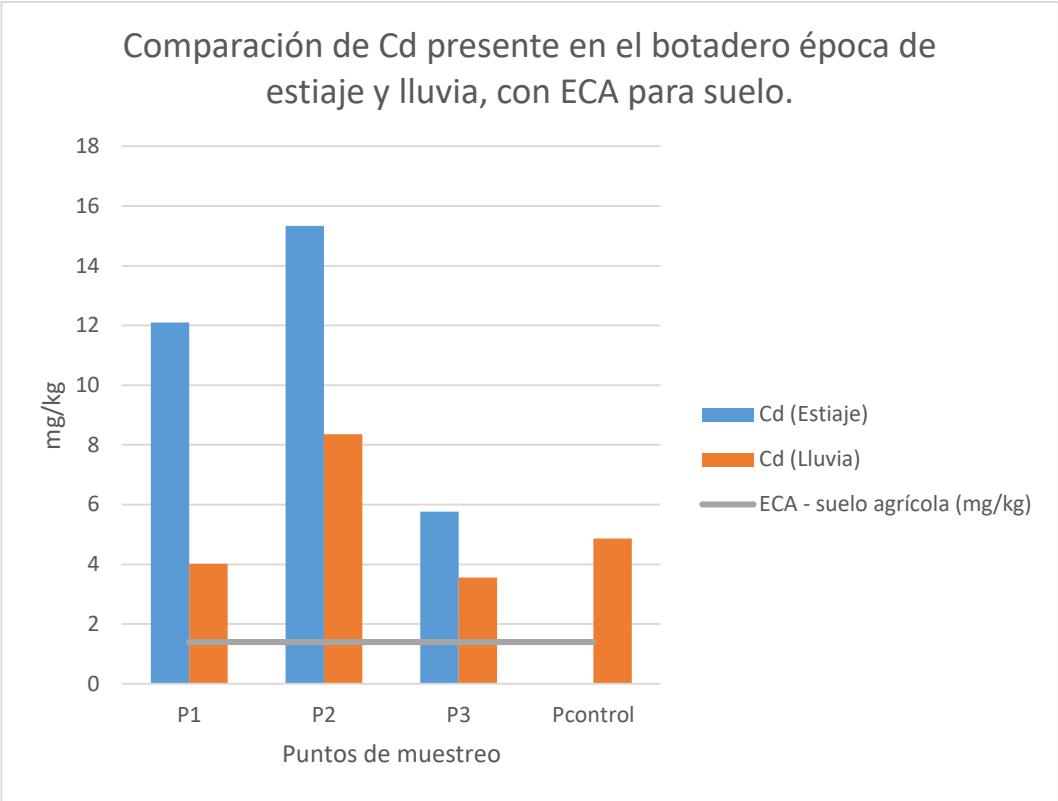


Figura 16: *Comparación de Cd presente en el botadero época de estiaje y época de lluvia, con ECA para suelo agrícola*

La concentración de Cadmio en el suelo del botadero de Carhuashjirca supera el ECA para suelo agrícola, en todos los puntos de muestreo para las dos épocas del año. Y evidenciamos la contaminación del suelo por este metal ya que supera los valores establecidos en el ECA. En nuestro punto control la concentración de metal Cadmio supera el ECA para suelo agrícola, este metal está siendo incorporada al ambiente de forma natural, por descomposición de las rocas, por procesos meteorológicos; pero cabe mencionar que también se incorpora por la descomposición de residuos sólidos.

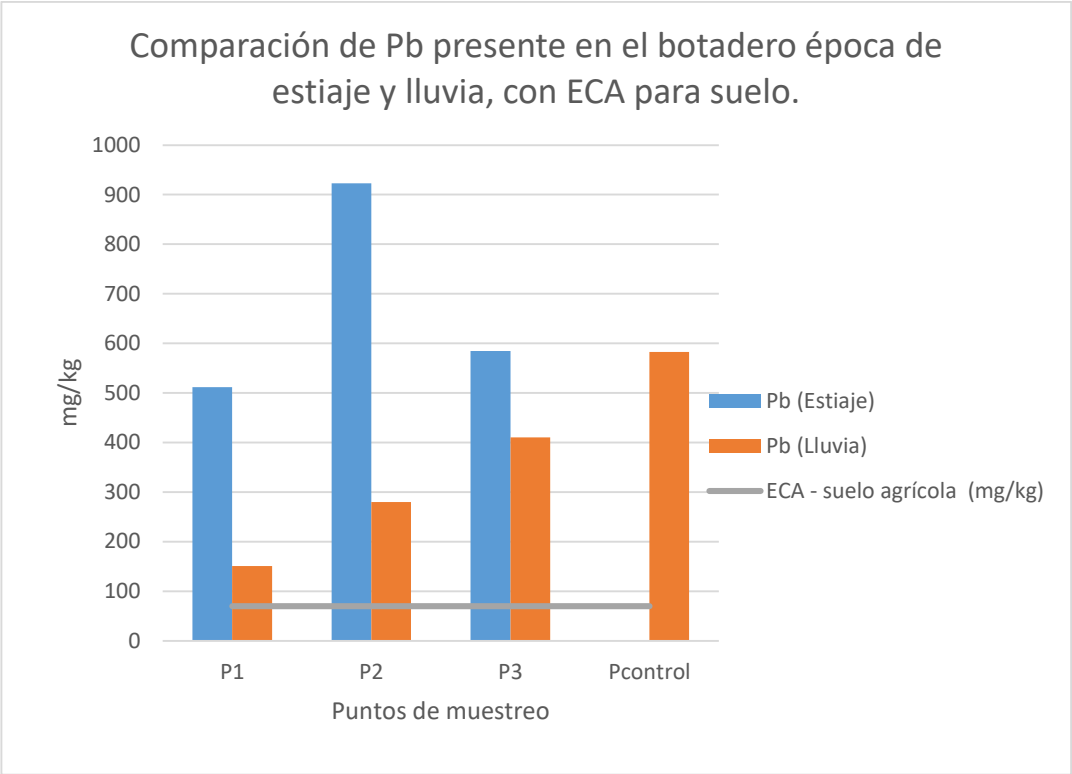


Figura 17: *Comparación de Pb presente en el botadero época de estiaje y lluvia, con ECA para suelo agrícola*

La concentración de Plomo en el suelo del botadero de Carhuashjirca supera el ECA para suelo de uso agrícola. En todos los puntos de muestreo y para las dos épocas del año la elevada concentración de este metal es perjudicial para realizar cualquier actividad en zonas aledañas al área de estudio, ya que en los puntos 2 y 3 se realizan actividades ganaderas y agrícolas, durante el estudio se observó la presencia de niños. La concentración de Pb en nuestro punto control supera el ECA para suelo agrícola, la presencia de este metal en el área de estudio se atribuye a orígenes naturales a través de fijación atmosférica.

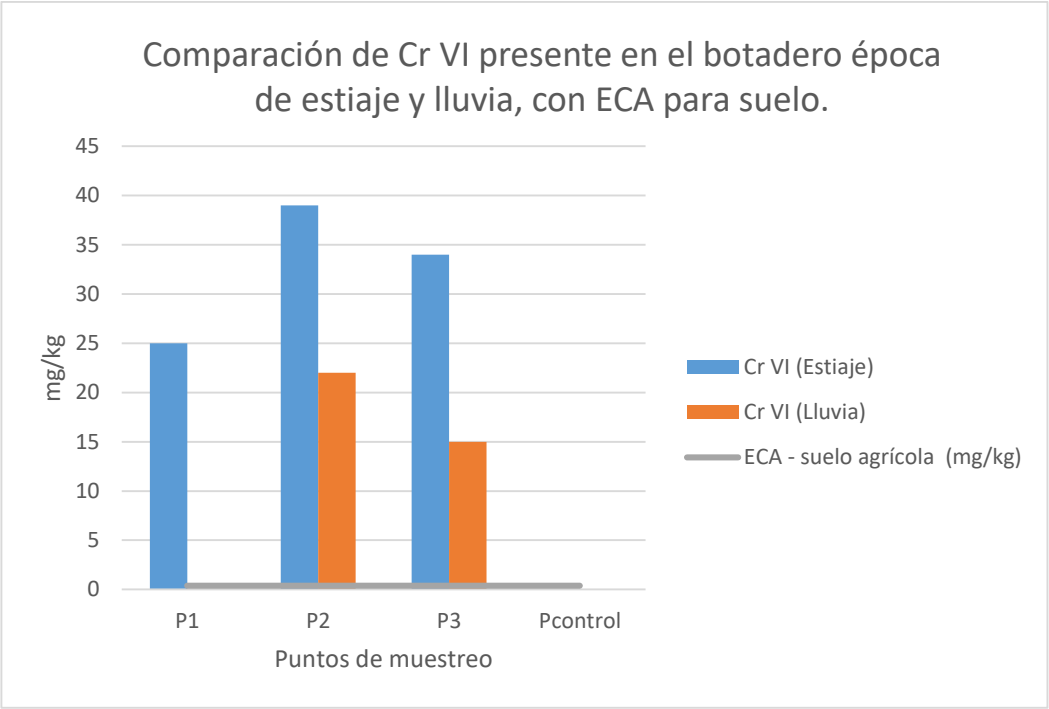


Figura 18: *Comparación de Cr VI presente en el botadero época de estiaje y lluvia, con ECA para suelo agrícola*

La concentración de Cromo IV en el suelo del botadero de Carhuashjirca supera por mucho el ECA para suelo de uso agrícola, en los puntos de muestreo P2 y P3, en las dos épocas del año, la elevada concentración de este metal es perjudicial para realizar cualquier actividad en la zona de estudio, este metal es altamente toxico para la salud humana, en los puntos 2 y 3 del estudio la población aledaña realiza actividades ganaderas y agrícolas. En el punto control la concentración del metal Cr VI está por debajo del límite de detección, del método utilizado para su análisis, por lo que se concluye que este metal es incorporado al suelo por la disposición de residuos sólidos.

CAPÍTULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

Según la (OPS, 2003), la disposición final constituye la última etapa operacional del manejo de residuos sólidos y debe realizarse en condiciones seguras, confiables y de largo plazo. El diagnóstico del botadero se realizó de conformidad al reglamento del decreto legislativo N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos D.S. 014-2017-MINAM usándose los artículos N° 114 y 115, instalaciones y operaciones mínimas para la disposición final de residuos sólidos. Según dichos artículos, en la actualidad el botadero está operando de manera ineficiente sin control de gases y lixiviados, contaminando el agua, aire y suelo, no cuenta con las instalaciones mínimas en su infraestructura y no se viene realizando las operaciones mínimas establecidas en la normativa vigente.

Se encontró presencia de residuos orgánicos (restos de comida, cascaras y desperdicios de frutas, ramas y hojas de árboles, etc.) y residuos inorgánicos (baterías, pinturas e insecticidas, pilas, barnices, cañerías de PVC, fotografías, cemento, tintas y plásticos). De acuerdo al autor, Sánchez Pinzón, María (2010), en Medellín se "determinaron que la contaminación del suelo en el botadero de Moravia es provocado por la presencia de residuos de baterías, pinturas e insecticidas, pilas, pinturas, barnices, residuos de curtiembre de cuero y acero inoxidable, cañerías de PVC, además de restos

de fotografías, conservantes de lana pirotecnias, anticorrosión, cemento tinturas textiles, tintas y plásticos todos estos residuos determinan la presencia de metales pesados tales como: plomo, cadmio y cromo VI".

Los resultados presentados en relación a la concentración de cadmio (Cd) del presente trabajo son similares al trabajo de investigación realizado por el autor Díaz Fonseca Beny (2019), en ambos trabajos los niveles de Cadmio (Cd) superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola (1.4 mg/kg), encontrándose que el valor más alto de cadmio en el trabajo citado está en el punto final del botadero con un valor de 19.36 mg/kg, en comparación a los 15.36 mg/kg del presente trabajo encontrado en el punto 2 parte baja del botadero. En nuestro estudio la presencia del metal Cd en el punto control es significativo, lo que evidencia que dicha concentración es originada por la descomposición de rocas calizas, pero que a la vez se incrementa por la descomposición de residuos sólidos dispuestos en la zona, ya que en el punto 2 la concentración del metal es alto.

Los resultados presentados en relación a la concentración de plomo del presente trabajo son casi similares a los resultados del trabajo de investigación realizado por el autor Díaz Fonseca Beny (2019), en el trabajo citado, los niveles de plomo superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola (70 mg/kg), encontrándose el valor más alto en el punto central del botadero con un valor de 170.36 mg/kg, en comparación a los 922.640 mg/kg del presente trabajo, este valor se encontró en el punto 2 (parte baja del botadero). En el punto control la concentración del metal Pb es elevadísimo, lo cual nos indica que se debe a la fijación atmosférica y descomposición de rocas, procesos naturales que incorporan el metal al suelo, pero como se mencionó anteriormente en el punto 2, lugar por donde se almacena los lixiviados generados de la descomposición de residuos sólidos, la concentración es mucho mayor al del punto control lo que indica que la disposición de residuos sólidos incrementa la concentración del metal Pb en el suelo,

Los resultados presentados en relación a la concentración de cromo VI del presente trabajo difieren con los resultados del trabajo de investigación realizado por el autor Díaz Fonseca Beny (2019), ya que en el trabajo citado no se pudo determinar la presencia de este metal, pero en nuestro estudio los niveles de Cromo VI superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola (0.4 mg/kg), encontrándose el valor más

alto en el punto 2 (parte baja del botadero) con un valor de 39 mg/kg, para los 2 periodos de muestreo. En el punto control la concentración del metal Cr VI está por debajo del límite de detección, y esto evidencia que la incorporación de este metal al suelo de debe a la disposición de residuos sólidos.

Los resultados presentados en relación a las concentraciones de plomo y cromo del presente trabajo son diferentes, al trabajo realizado por los autores Champi Ayma; Villalba Balsa (2014), en el trabajo citado; los niveles de plomo y cromo no superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola (70 mg/kg) y (0.4 mg/kg) respectivamente, pero se encontraron concentraciones más altas de plomo en los botaderos de Lamay y Calca con valores traza en ambos casos no superan los ECA para suelo agrícola, sin embargo en nuestro estudio se encontró concentraciones de 922.640 mg/kg de plomo y 39 mg/kg de Cr VI, ambos encontrados en la parte baja del botadero y que superan los ECA para suelo agrícola, lo que indica que la concentración de estos metales se va incrementando por la descomposición de residuos sólidos dispuestos al aire libre en el botadero.

Vélez, (2007) y varios autores indican que los metales como contaminantes del suelo son persistentes e irreversibles, especialmente el cadmio, el cual es asimilado por la vegetación, lo que puede perturbar gravemente a las plantas y a los mamíferos que las consuma. A su vez Granizo M, (2007), estos dos autores corroboran con los resultados de esta investigación, tal como indican que los metales pesados están asociados a los vertederos y los rellenos sanitarios, en nuestro estudio las concentraciones de Pb, Cd y Cr VI sobrepasan los estándares de calidad ambiental para suelo agrícola, demostrándose que existe afectación del suelo por estos metales, los metales como el Cd y el Pb son altos en nuestro punto control y se encuentran asociados a orígenes naturales sin embargo el metal Cr VI, su concentración está por debajo del límite de detección este metal se incorpora al suelo por la disposición de residuos sólidos.

También se puede corroborar a través de García y Dorronso, (2005), donde nos indica que los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: la primera, quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo u ocupando sitios de intercambio; segunda, específicamente adsorbidos sobre

constituyentes inorgánicos del suelo; tercera, asociados con la materia orgánica del suelo y cuarta, precipitados como sólidos puros o mixtos. Por otra parte, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pueden pasar a la atmósfera por volatilización y pueden ser movilizados a las aguas superficiales o subterráneas, en nuestro estudio los metales están asociados a la materia orgánica y la arcilla, ya que el pH en nuestro estudio varia de 7.38 – 7.24, en estas condiciones el Cd y el Pb son ligeramente disponibles para las plantas, mientras que el Cr VI es relativamente móvil.

El descenso en la concentración de estos metales de la época de estiaje a la época de lluvia se debe a lo anterior, al ingresar el agua de las precipitaciones pluviales al botadero, los metales son lavados lateralmente de zonas topográficamente más altas hacía zonas más bajas, erosión natural, o migrar a mayor profundidad en los perfiles del suelo ya que se encuentran adsorbidos en la materia orgánica y la arcilla.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- Se determinó que existe la afectación del suelo, en el botadero de Carhuashjirca en el distrito y provincia de Huaraz en el periodo 2019 – 2020, encontrándose concentraciones en mg/kg de los metales pesados Cadmio, Plomo y Cromo VI en todos los puntos de muestreo y en las dos estaciones del año evaluados, que superan los estándares de calidad ambiental para suelo. Las concentraciones de los metales Cd y Pb en el punto control son significativos, cuyas presencias se atribuyen a orígenes naturales; sin embrago, dichas concentraciones se elevan debido a la disposición de residuos sólidos urbanos. En cuanto al metal Cr VI, su concentración en el suelo está por debajo del límite de detección, lo que nos permite sostener que la presencia de este metal en el suelo se debe a ~~incorpora al suelo por~~ la disposición de residuos sólidos.

- Se diagnosticó la situación actual del botadero de Carhuashjirca, encontrándose muchos problemas relacionados a la disposición final de los residuos sólidos, entre ellos: el inadecuado proceso de compactación y recubrimiento con tierra (se debería de compactar en celdas de 0.20 m y cubrir con un espesor de tierra de 0.50m); no se

cuenta con drenajes para controlar los líquidos (lixiviados) y gases generados por la descomposición de los residuos sólidos que permita mantener mejores condiciones en la operación y proteger el ambiente; no cuenta con canales y drenes perimetrales que facilite la conducción de la escorrentía superficial pluvial fuera del área del botadero, y evitar que dicho líquido entre al área de trabajo incrementando la lixiviación del botadero y contaminando mayores extensiones de suelo que se encuentran alrededor del mismo.

- Se determinó la presencia de altas concentraciones de los metales pesados Cadmio, Plomo y Cromo VI en el botadero de Carhuashjirca a nivel de los tres puntos de muestreo, así como en el punto de control en los dos periodos de evaluación (época de estiaje y época lluviosa) encontrando que las mayores concentraciones corresponden a las evaluaciones efectuadas en la época de estiaje respecto a las evaluaciones efectuadas en la época lluviosa; lo que nos permite concluir que existe lavado lateral y erosión natural de los metales por acción de la escorrentía superficial pluvial. El muestreo en el punto de control sólo se realizó en la época lluviosa ya que para dicho periodo se hizo la observación y posterior sugerencia, de parte de los miembros del jurado evaluador, para identificar otro punto que cumpla con las características de punto de control o punto en blanco.

- Se determinó las propiedades fisicoquímicas del suelo: temperatura, pH, humedad, materia orgánica y CIC. Para la temperatura se obtuvo valores de 17.47 – 17.53 °C, los valores de pH fueron de 7.38 – 7.24, los valores de la humedad fueron de 10.28 – 14.89 %, los valores de materia orgánica fueron de 5.69 – 4.64, y los valores del CIC de 16.809 – 13.074. El pH es uno de los factores importantes para la disponibilidad de los metales pesados, por ejemplo, en un pH ácido el Cd y el Pb son más disponibles para las plantas y el Cr VI en un pH alcalino. En el estudio el pH fue alcalino el Cd y Pb fueron ligeramente disponibles para las plantas y el Cr VI fue relativamente disponible.

- Se comparó los resultados obtenidos en el estudio, con los estándares de calidad ambiental para suelo agrícola, establecidos por el Decreto Supremo N° 002-2013.MINAM, encontrando que la concentración del Cd sobrepasa los ECA para suelo agrícola en los tres puntos muestreados y evaluados en las dos épocas del año;

y en el punto control la concentración supera el ECA, lo que determina que la afectación se da por procesos naturales y que dicha concentración se eleva debido a la disposición de residuos los sólidos, ya que en el P2 dicha concentración es bastante elevada. La concentración del Pb en todos los puntos muestreados supera los ECAS, en el punto control se determinó una concentración significativa y se dice que este metal es fijado de la atmosfera y por la descomposición de las rocas atribuyéndose así a orígenes naturales; pero que a la vez esta concentración se incrementa debido a la disposición de residuos sólidos. Se determinó también que el Cr VI está por debajo del límite de detección en el punto control y en los puntos P2 y P3 superan los ECA para suelo agrícola. En consecuencia, podemos afirmar que dicho metal se incorpora al suelo del botadero exclusivamente debido a la disposición de los residuos sólidos.

- Para poder determinar el grado de afectación de los suelos del botadero de Carhuashjirca a través de la incorporación de metales pesados Cd, Pb y Cr VI en su composición, por acción de la disposición de residuos sólidos, se requiere hacer un estudio más profundo que consideré la toma de muestras por perfiles de suelo y a la vez seleccionar un mayor número de puntos de muestreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adriano, D. (2001). *Trace elements in terrestrial environments. Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals.* New York: Springer-Verlag.

Ahumada, I., & Schalscha, E. (1995). Efecto de la adsorción de cadmio y cobre en suelos. *Agrochimica*, 101-110.

Alloway, B. (2013). Heavy metals in soils. Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. En *Environmental Pollution.* (Vol. 22 ed.). Netherlands Springer Netherlands.

Álvarez, E., & Mochon, M. S. (2002). Heavy metals extractable form in sludge from wastewater treatment plants. pp. 765-775.

Ambiental-AIDIS, A. I., & Desarrollo-IDRC, C. I. (2006). *Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en américa latina y el caribe.* Sao Pablo: AIDIS-IDRC.

Asencios, M. (2017). *Bioacumulación de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en Raphanus Sativus cultivados con compost producido a base de residuos sólidos municipales en Huari, Ancash 2017.* Huari.

Banat, K., & Howari, F. (2005). Heavy Metals in Urban Soils of Central Jordan: Should we Worry about Their Environmental Risks. *Environmental Research.*, pp. 258-273.

Bourg, A., & Loch, J. (1995). Mobilization of heavy metals affected by pH and redox conditions. En: Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments: Risk Assessment of delayed and non-linear response. pp.87-102.

Brandan, R. M. (2008, Noviembre). *Guia de diseño, construccion, operacion, mantenimiento y cierre de un relleno sanitario manual*. Retrieved from http://redrrss.minam.gob.pe/material/20130703125736.pdf

CEPIS. (2003). Guia para la gestión del manejo de los residuos municipales. 31-32.
Champi, V., & Villalba, M. (2014). *Evaluación de la contaminación por disposición final de residuos sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lamay y Calca - región Cusco.* Cusco.

Cristian, C. (2018). *Electrorremediación de metales pesados Cd y Ni, de los pasivos ambientales de suelo contaminado, generado por derrames de petróleo en el cantón Joya de Los Sachas, sector La Parker.* Quito: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Davis, A., & Singh, I. (1995). Washing of Zn(II) from contaminated soil column. *Journal of Environmental Engineering (ASCE).*, pp. 174 - 185.

Diaz, B. (2019). *Evaluacion de la contaminacion del suelo por lixiviados del botadero municipal de San Pablo.* Tarapoto.

Domenech, X., & Peral, J. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres.* Barcelona.: Editorial Reverté, S.A.

El Peruano. (20 de Abril de 2001). Ley N° 27446, Ley del sistemana nacional de evaluacion de impacto ambiental. *El peruano*.

El Peruano. (23 de Mayo de 2003). Ley N° 27972. Ley Orgánica de municipalidades. *El peuano*.

El Peruano. (13 de Octubre de 2005). Ley N°28611. Ley General del Ambiente. *El peruano*.

El Peruano. (20 de Agosto de 2011). Ley N° 29783. Ley de seguridad y salud en el trabajo. *El peruano*.

El peruano. (25 de Marzo de 2013). Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. *EL PERUANO*. Obtenido de http://sial.segat.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo

El Peruano. (21 de Diciembre de 2017). Decreto Legislativo N°1278, que aprueba Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, reglamentado por Decreto supremo N°014 – 2017 MINAM. *El peruano*.

Erostegui, C. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Cientifíca Ciencia Médica., 12*.

Galán, E., & Romero, A. (2008). *Contaminación del suelo por metales pesados.* Sevilla.

Garcia, I., & Dorronsoro, C. (2005). *Contaminación por metales pesados.* Granada: Departamento de Edafologia y Química agricola.

González, E., Tornero, A., Cruz, A., & Bonilla, N. (2007). Concentración total y especiación de metales pesados en biosólidos de origen urbano. *Int. Contam. Ambie.*, pp. 25, 15-22.

Granizo, M., & Marquéz, A. (2007). *Análisis de Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn en el antiguo botadero "El Valle.* Cuenca.

Hernández, S., & Fernández, C. (2014.). *Selección de la muestra. Metodología de la Investigación.* (6ta ed.). Mexico:: McGraw-Hill.

Hernemann, K. (2003.). *Introducción a la metodología de la investigación empírica.* España:: Paidrotipo. Recuperado el 12 de Diciembre de 2019, de https://books.google.com.pe/books?id=bjJYAButfB4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

IHOBE . (1998). *Manual práctico para la investigación de la contaminación del suelo. Seguridad pública de gestión.* España: Gobierno Pasco.
Jaramillo, J. (1999). *Gestión integral de residuos sólidos municipales-GIRSM.* Medellín.: Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos, Siglo XXI.

Jaramillo, J. (2012). *Guia para el diseño, construccion y operacion de rellenos sanitarios manuales.* Colombia: Universidad de Antioquia.

Kabata-Pendias, A. (2000). *Trace elements in soils and plants.* (Third Edition. ed.). Boca Raton, USA: CRC Press. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/9780429191121_googlepreview.pdf

Londoño, L. (2016). *Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal.* (Vol. 14). Medellin:, Colombia. doi:10.18684/BSAA(14)145-153

MINAM. (2009). *Manual de residuos solidos.*

MINAM. (2010). *Informe anual de residuos solidos municipales y no municipales en el Peru 2009.* Lima.

MINAM. (2013). *Guia de muestreo para suelo*. Retrieved from http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf

MINAM. (2014). Guia para el muestreo de suelos contaminados. p. 64.

MINAM. (2014). *Guia para muestreo de suelo.* Lima. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf

MINAM. (2016). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024.* Lima. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/63552.

MINAN. (2016). *Plan nacional de gestion de residuos solidos 2016-2024.* Lima.

Moreno, M. (2003). Toxicología ambiental. Evaluación de riesgos a la salud humana. Madrid: Editorial McGraw-Hill.

Municipalidad Provincial de Huaraz. (2015). *Estudio de caracterizacion de residuos solidos municipales de la ciudad de Huaraz - 2015.* Huaraz. Obtenido de http://siar.minam.gob.pe/ancash/sites/default/files/archivos/public/docs/ii._estudio_de_caracterizacion_de_residuos_solidos_municipales_0.pdf.

Municipalidad Provincial de Huaraz. (2015). *Estudio de caracterizacion de residuos sólidos municipales de la ciudad de Huaraz - 2015.* Huaraz. Obtenido de http://siar.minam.gob.pe/ancash/sites/default/files/archivos/public/docs/ii._estudio_de_caracterizacion_de_residuos_solidos_municipales_0.pdf.

Ojeda, L., & Quintero, W. (2008). *Generación de residuos sólidos domiciliarios por periodo estacional:el caso de una ciudad mexicana.* Castellón: I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos.

OPS. (2003). Gestion de residuos sólidos en situaciones de desastre. 102.

OPS. (2004). *Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos solidos.* Lima. Obtenido de http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1650.pdf

OPS., O. P. (2005). *Informe de la evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe.* Washington. DC.

Ortiz, H., Morillo, V., & Villavicencio, B. (1999). Efectos de la adición de lodos residuales sobre un suelo agrícola y un cultivo de maíz. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, pp. 69-77.

Padilla, M., & Gonzales, Y. (7 de Octubre de 2014). *Prezi*. Obtenido de https://prezi.com/nl3z56cllfrs/afectacion-de-los-suelos/

Picón, E. (2018). *"Capacidad de fitoacumulación de Zinc (Zn) y Plomo (Pb) utilizando las especies de chocho silvestre (Lupinus tomentosus) y llantén (Plantago mayor) del relave de la planta concentradora de minerales "Santa Rosa de Jangas"; Huaraz – Ancash – 2017".* Huaraz.

Quintero, A., Valencia, Y., & Lara, L. A. (2017). Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical. *DYNA*, 283. doi: https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.63875

Ramos, E., & Zuñiga, D. (2008). *Ecologia Aplicada: Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio.* Lima. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162008000100015

Roca, F. (s.f.). *Infoagro*. Obtenido de https://www.infoagro.com/abonos/contaminacion_suelos_metales_pesados.htm

Rodriguez Felix. (2012). *Scribd.* Obtenido de http://es.scribd.com/doc/97318021/Tipos-y-Niveles-de-Investigacion-Cientifica#scribd

Romero, M. (2017). *Estudio de la contaminación por plomo en suelos de una planta de reciclaje de baterías cerrada en Freire, IX Región.* Satiago de Chile. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/145390/Tesis%20Final%20-%20Mario%20Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sáez, A., & Urdaneta, G. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Red de revistas cientificas de América Latina y el Caribe*, 121-135.

Sanchéz, M. (2010). *Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de Moravia en Medellín: transferencia a flora y fauna y evaluación del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas.* Medellín.

Sarma, P., & Dubey, R. (2005). *Toxicidad del plomo en las plantas.* Brazil.

Sauquillo, A., Rigol, A., & Rauret, G. (2003). Overview of the useof Leaching/Extraction Tests for Risk Assessment of Trace Metals in Contaminated Soils and Sediments. *Trends in Analytical Chemistry*, pp.152-159.

Tamayo Tamayo, M. (2003). *El proceso de la Investigción Científica* (Vol. Cuarta). Mexico: Noruega Editores.

Torres, N. (2018). *"Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg Y Pb en el botadero de Cancharani de la Ciudad de Puno".* Puno.

Vega, N. B. (2013). *Metales pesados en suelo y sus efectos.* Bogotá.

Veléz. (2006). Los biosólidos: ¿una solución o un problema? Producción + limpia. pp. 8-9.

WHO. (1915). Inorganic lead environmental health criteria.

WHO. (1988). *Chromium. Environmental Health Criteria.*

Wikipedia. (s.f.). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Constitución_Política_del_Perú_de_1993

Wikipedia. (02 de Setiembre de 2016). *Metodología para declarar un suelo contaminado.* Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Suelo/Criterios_pdf/Muestreo.pdf

Wikipedia. (18 de Setiembre de 2019). Obtenido de Calicatas.

Wikipedia. (11 de Julio de 2019). *Humedad del suelo*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_del_suelo

Wiszniowski, J., Robert, D., Gorska, J., & Miksch, K. (2006). Landfill leachate treatment methods: A review. pp. 4,51-61.

Yarlequé, J. (2013). *Programa de adecuación y manejo ambiental para el relleno sanitario de Kehuar- Anta (Cusco). .* Cusco.

ANEXOS

ANEXO 1

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO DE MUESTREO DE SUELO AFECTADO POR LIXIVIADO DEL BOTADERO DE CARHUASHJIRCA EN EL DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, 2019 – 2020

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO EPOCA DE ESTIAJE

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio en estudio: Carhuashjirca	Departamento: Ancash
Tipo de muestra: Suelo	Provincia: Huaraz
Uso principal: Disposición de residuos sólidos.	Distrito: Independencia
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Número del punto de muestreo: P1	Época: Estiaje
Coordenadas: X: 219392 Y:8943872	Profundidad de la muestra: 10 cm
Nombre del muestreador: Lyz Rosario Bonifacio	
Descripción del punto de muestreo: Parte central del botadero.	
Técnica de muestreo: Calicatas	
DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre de la muestra: P1: Parte central del botadero	
Fecha: 05 de agosto del 2019	
Hora: 11:17 am	
Profundidad: 10 cm	
Comentario: El P1 está ubicado en la parte central del botadero, la cual está afectado directamente por la descomposición de residuos sólidos, en su etapa de disposición final.	Croquis:

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO EPOCA DE ESTIAJE

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio en estudio: Carhuashjirca	Departamento: Ancash
Tipo de muestra: Suelo	Provincia: Huaraz
Uso principal: Suelo de uso ganadero	Distrito: Independencia
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Número del punto de muestreo: P2	Época: Estiaje
Coordenadas: X: 219418 Y: 8943913	Profundidad de la muestra: 20 cm
Nombre del muestreador: Edgard Rosario Bonifacio	
Descripción del punto de muestreo: suelo ganadero.	
Técnica de muestreo: Calicatas	
DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre de la muestra: P2: Parte baja del botadero	
Fecha: 05 de agosto del 2019	
Hora: 11:43 am	
Profundidad: 20 cm	
Comentario: El P2 está ubicado en la parte baja del botadero, se observa que existe una afectación por los lixiviados generados por la descomposición de residuos sólidos.	Croquis:

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO EN EPOCA DE ESTIAJE

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio en estudio: Carhuashjirca	Departamento: Ancash
Tipo de muestra: Suelo	Provincia: Huaraz
Uso principal: Suelo de uso agrícola.	Distrito: Independencia
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Número del punto de muestreo: P3	Época: Estiaje
Coordenadas: X: 219418 Y: 8943913	Profundidad de la muestra: 20 cm
Nombre del muestreador: Edgard Castro Ariza	
Descripción del punto de muestreo: suelo agrícola.	
Técnica de muestreo: Calicatas	
DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre de la muestra: P3: Entrada al botadero	
Fecha: 05 de agosto del 2019	
Hora: 12:00 am	
Profundidad: 20 cm	
Comentario: El P3 está ubicado en la entrada del botadero, suelo con actividad agrícola, sin evidencia de afectación.	Croquis:

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO EN EPOCA DE LLUVIA

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio en estudio: Carhuashjirca	Departamento: Ancash
Tipo de muestra: Suelo	Provincia: Huaraz
Uso principal: Disposición de residuos sólidos.	Distrito: Independencia
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Número del punto de muestreo: P1	Época: Lluvia
Coordenadas: X: 219392 Y:8943872	Profundidad de la muestra: 10 cm
Nombre del muestreador: Lyz Rosario Bonifacio	
Descripción del punto de muestreo: Parte central del botadero.	
Técnica de muestreo: Calicatas	
DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre de la muestra: P1: Parte central del botadero	
Fecha: 08 de enero del 2020	
Hora: 10:00 am	
Profundidad: 10 cm	
Comentario: El P1 está ubicado en la parte central del botadero, la cual está afectado directamente por la descomposición de residuos sólidos, en su etapa de disposición final.	Croquis:

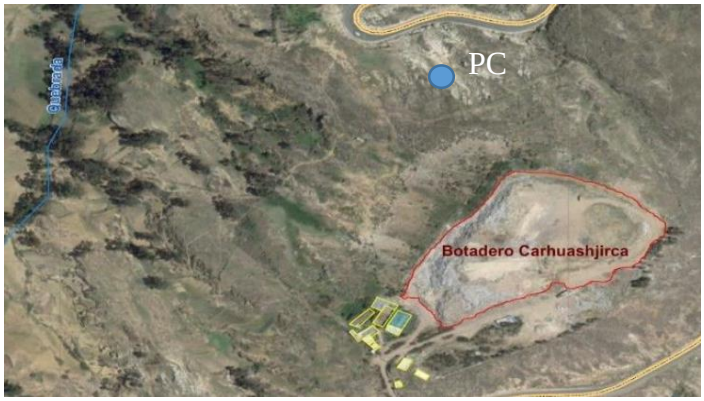
REGISTRO DE DATOS EN CAMPO EN EPOCA DE LLUVIA

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio en estudio: Carhuashjirca	Departamento: Ancash
Tipo de muestra: Suelo	Provincia: Huaraz
Uso principal: Suelo de uso ganadero	Distrito: Independencia
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Número del punto de muestreo: P2	Época: Estiaje
Coordenadas: X: 219418 Y: 8943913	Profundidad de la muestra: 20 cm
Nombre del muestreador: Edgard Rosario Bonifacio	
Descripción del punto de muestreo: suelo ganadero.	
Técnica de muestreo: Calicatas	
DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre de la muestra: P2: Parte baja del botadero	
Fecha: 08 de enero del 2020	
Hora: 09:20 am	
Profundidad: 20 cm	
Comentario: El P2 está ubicado en la parte baja del botadero, se observa que existe afectación por los lixiviados generados por la descomposición de residuos sólidos.	Croquis:

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO EN EPOCA DE LLUVIA

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio en estudio: Carhuashjirca	Departamento: Ancash
Tipo de muestra: Suelo	Provincia: Huaraz
Uso principal: Suelo de uso agrícola.	Distrito: Independencia
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Número del punto de muestreo: P3	Época: Lluvia
Coordenadas: X: 219418 Y: 8943913	Profundidad de la muestra: 20 cm
Nombre del muestreador: Edgard Castro Ariza	
Descripción del punto de muestreo: suelo agrícola.	
Técnica de muestreo: Calicatas	
DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre de la muestra: P3: Entrada al botadero	
Fecha: 08 de enero del 2020	
Hora: 10:15 am	
Profundidad: 20 cm	
Comentario: El P3 está ubicado en la entrada del botadero, suelo con actividad agrícola, sin evidencia de afectación.	Croquis:

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO EN EPOCA DE LLUVIA

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio en estudio: Carhuashjirca	Departamento: Ancash
Tipo de muestra: Suelo	Provincia: Huaraz
Uso principal: Actividad agrícola.	Distrito: Independencia
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Número del punto de muestreo: PC	Época: Lluvia
Coordenadas: X:219566.46 Y:8944010.38	Profundidad de la muestra: 20 cm
Nombre del muestreador: Edgard Castro Ariza	
Descripción del punto de muestreo: Parte alta del botadero	
Técnica de muestreo: Calicatas	
DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre de la muestra: PC: Parte alta del botadero	
Fecha: 17 de diciembre del 2020	
Hora: 08:30 am	
Profundidad: 20 cm	
Comentario: El PC está ubicado en la parte alta del botadero, esta zona se encuentra alejada del botadero, sin ninguna interacción.	Croquis: 

ANEXO 2

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS[2]	Usos del Suelo[1]			Métodos de ensayo [7][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
INORGANICOS				
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/ó 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

Fuente: MINAM, 2017.

ANEXO 3

PROFUNDIDAD DE MUESTREO SEGÚN EL USO DE SUELO

Usos del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo Agrícola	0 – 30 cm (1) 30 – 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0 – 10 cm (2) 10 – 30 cm (3)
Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm (2)

1) Profundidad de aradura
2) Capa de contacto oral o dermal de contaminantes
3) Profundidad máxima alcanzable por niños

Fuente: MINAM, 2013.

ANEXO 4

RESULTADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE METALES PESADOS Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL SUELO DEL BOTADERO DE CARHUASHJIRCA

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO CS190026

CLIENTE	**Razón Social**	: LYZ ROSARIO BONIFACIO: AFECTACIÓN DEL SUELO POR Pb, Cd y Cr VI POR LA DISPOSICIÓN DE RRSS EN EL BOTADERO DE CARHUASHURCA
	Dirección	: Mza 10 Lte 10 - Asentamiento San Martín de Porres
	Atención	: Lyz Rosario Bonifacio
MUESTRA	**Producto declarado**	: Muestra de Suelo
	Matriz	: Suelo
	Procedencia	: Botadero de Carhuaejirca
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190211
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 06/Agosto/2019
	Fecha de análisis	: 06 de Agosto - 26 de Agosto/2019
	Cotización N°	: CO190558

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	N:01
					Fecha de muestreo [1]	05/08/2019
					Hora de muestreo [1]	11:17
					Código del Laboratorio	CS190123
FQS	**ANALISIS FISICOQUIMICO EN SUELOS**					
FQS10	pH (en laboratorio)		NOM21 -AS - 02	.....	7.31	
FQS20	Humedad		NOM21 - AS - 05	0.01	20.62	
FQS35	Temperatura (en laboratorio)		APHA 2550 B	.....	18.1	
MS	**METALES EN SUELOS**					
MS08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Dietil ditiocarbamato de sodio	0.50	12.10	
MS24	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR	0.100	511.710	
MS33	Cromo VI	mg/Kg Cr^{+6}	Difenilcarbazida	10	25	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 26 de Agosto de 2019

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

Msc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO CS190027

CLIENTE	**Razón Social**	: LYZ ROSARIO BONIFACIO: AFECTACIÓN DEL SUELO POR Pb, Cd y Cr VI POR LA DISPOCISIÓN DE RRSS EN EL BOTADERO DE CARHUASHURCA
	Dirección	: Mza 10 Lte 10 - Acentamiento San Martin de Porras
	Atención	: Lyz Rosario Bonifacio
MUESTRA	**Producto declarado**	: Muestra de Suelo
	Matriz	: Suelo
	Procedencia	: Botadero de Carhuasjirca
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190011
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 06/Agosto/2019
	Fecha de análisis	: 06 de Agosto - 26 de Agosto/2019
	Cotización N°	: CC190558

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	N:02
					Fecha de muestreo [1]	05/08/2019
					Hora de muestreo [1]	11:43
					Código del Laboratorio	CS190124
FQS	**ANALISIS FISICOQUIMICO EN SUELOS**					
FQS10	pH (en laboratorio)		NOM21 -AS - 02	.....	6.91	
FQS20	Humedad		NOM21 - AS - 05	0.01	5.01	
FQS35	Temperatura (en laboratorio)		APHA 2550 B	.....	17.0	
MS	**METALES EN SUELOS**					
MS08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion	0.50	15.33	
MS24	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR	0.100	922.640	
MS33	Cromo VI	mg/Kg Cr^{+6}	Difenilcarbazida	10	39	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 26 de Agosto de 2019

FCAM - UNASAM

MSc. Quim. Mario Leyva Colles
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO CS190028

CLIENTE	**Razón Social**	: LYZ ROSARIO BONIFACIO: AFECTACIÓN DEL SUELO POR Pb, Cd y Cr VI POR LA DISPOCISIÓN DE RRSS EN EL BOTADERO DE CARHUASHUIRCA
	Dirección	: Mza 10 Lte 10 - Asentamiento San Martín de Porras
	Atención	: Lyz Rosario Bonifacio
MUESTRA	**Producto declarado**	: Muestra de Suelo
	Matriz	: Suelo
	Procedencia	: Botadero de Carhuasjirca
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190011
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 06/Agosto/2019
	Fecha de análisis	: 06 de Agosto - 26 de Agosto/2019
	Cotización Nº	: CO190558

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	N:03
					Fecha de muestreo [1]	05/08/2019
					Hora de muestreo [1]	12:00
					Código del Laboratorio	CS190125
FQS	**ANALISIS FISICOQUIMICO EN SUELOS**					
FQS10	pH (en laboratorio)		NOM21 -AS - 02	.....	7.94	
FQS20	Humedad		NOM21 - AS - 05	0.01	5.23	
FQS35	Temperatura (en laboratorio)		APHA 2550 B	.....	17.3	
MS	**METALES EN SUELOS**					
MS08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion	0.50	5.76	
MS24	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR	0.100	584.530	
MS33	Cromo VI	mg/Kg Cr^{+6}	Difenilcarbazida	10	34	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 26 de Agosto de 2019

CALIDAD AMBIENTAL · FCAM · UNASAM

MSc. Quím. Mario Leyva Colías
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO CS200001

CLIENTE	**Razón Social**	: LYZ ROSARIO BONIFACIO: AFECTACIÓN DEL SUELO POR Pb, Cd y Cr VI POR LA DISPOCISIÓN DE RRSS EN EL BOTADERO DE CARHUASHURCA
	Dirección	: Mza 10 Lte 10 - Asentamiento Humano San Martín de Porras
	Atención	: Lyz Rosario Bonifacio
MUESTRA	**Producto declarado**	: Muestra de Suelo
	Matriz	: Suelo
	Procedencia	: Botadero de Carhuashjirca
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC200001
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 08/Enero/2020
	Fecha de análisis	: 08 de Enero - 15 de Enero/2020
	Cotización N°	: CO190558

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	N° 01
					Fecha de muestreo [1]	08/01/2020
					Hora de muestreo [1]	10:00
					Código del Laboratorio	CS200001
FQS	ANALISIS FISICOQUIMICO EN SUELOS					
FQS10	pH (en laboratorio)		NOM21 -AS - 02	.....	8.03	
FQS20	Humedad		NOM21 - AS - 05	0.01	15.67	
FQS35	Temperatura (en laboratorio)		APHA 2550 B	.....	18.4	
MS	METALES EN SUELOS					
MS08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Difeñ de cadion	0.50	4.02	
MS24	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR	0.100	150.986	
MS33	Cromo VI	mg/Kg Cr^{+6}	Difenilcarbazida	10	< 10	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 15 de Enero de 2020

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
COP N° 604

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO CS200002

CLIENTE	**Razón Social**	: LYZ ROSARIO BONIFACIO: AFECTACIÓN DEL SUELO POR Pb, Cd y Cr VI POR LA DISPOCISIÓN DE RRSS EN EL BOTADERO DE CARHUASHJIRCA
	Dirección	: Mza 10 Lte 10 - Acentamiento Humano San Martín de Porras
	Atención	: Lyz Rosario Bonifacio
MUESTRA	**Producto declarado**	: Muestra de Suelo
	Matriz	: Suelo
	Procedencia	: Botadero de Carhuashjirca
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC200001
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 08/Enero/2020
	Fecha de análisis	: 08 de Enero - 15 de Enero/2020
	Cotización Nº	: CO190658

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	Nº 02
					Fecha de muestreo [1]	06/01/2020
					Hora de muestreo [1]	09:20
					Código del Laboratorio	CS200002
FQS	**ANALISIS FISICOQUIMICO EN SUELOS**					
FQS10	pH (en laboratorio)		NOM21 -AS - 02	.....	6.69	
FQS20	Humedad		NOM21 - AS - 05	0.01	17.31	
FQS35	Temperatura (en laboratorio)		APHA 2550 B	.....	17.0	
MS	**METALES EN SUELOS**					
MS08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion	0.50	8.36	
MS24	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR	0.100	280.012	
MS33	Cromo VI	mg/Kg Cr^{+6}	Difenilcarbazida	10	22	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: **APHA:** Standard Method for de Examination of Water and Wastewater. 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 15 de Enero de 2020

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM - UNASAM

MSc. Químico. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
COP Nº 604

INFORME DE ENSAYO CS200003

CLIENTE	**Razón Social**	: LYZ ROSARIO BONIFACIO: AFECTACIÓN DEL SUELO POR Pb, Cd y Cr VI POR LA DISPOCISIÓN DE RRSS EN EL BOTADERO DE CARHUASHJIRCA
	Dirección	: Mza 10 Lte 10 - Acentamiento Humano San Martin de Porras
	Atención	: Lyz Rosario Bonifacio
MUESTRA	**Producto declarado**	: Muestra de Suelo
	Matriz	: Suelo
	Procedencia	: Botadero de Carhuashjirca
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC200001
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 08/Enero/2020
	Fecha de análisis	: 08 de Enero - 15 de Enero/2020
	Cotización Nº	: CO190558

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	Nº 03
					Fecha de muestreo [1]	06/01/2020
					Hora de muestreo [1]	10:15
					Código del Laboratorio	CS200003
FQS	**ANALISIS FISICOQUIMICO EN SUELOS**					
FQS10	pH (en laboratorio)		NOM21 -AS - 02	.....	6.99	
FQS20	Humedad		NOM21 - AS - 05	0.01	11.71	
FQS35	Temperatura (en laboratorio)		APHA 2550 B	.....	17.2	
MS	**METALES EN SUELOS**					
MS08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derive de cadion	0.50	3.56	
MS24	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR	0.100	410.616	
MS33	Cromo VI	mg/Kg Cr^{+6}	Difenilcarbazida	10	15	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 15 de Enero de 2020

MSc. Quim. Mario Leyva Colías
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

INFORME DE ENSAYO CS200011

CLIENTE

Razón Social : LYZ ROSARIO BONIFACIO
Dirección : Jr. Malecón Sur N° 130 - Huaraz
Atención : Lyz Rosario Bonifacio

MUESTRA

Producto declarado : Muestra de Suelo
Matriz : Suelo
Procedencia : Botadero de Carhuasjirca, Distrito de Huaraz
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC200807

MUESTREO

Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia: : No indica

LABORATORIO

Fecha de recepción : 17/Diciembre/2020
Fecha de análisis : 17 de Diciembre al 30 de Diciembre /2020
Cotización N° : CC200456

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P. Control
					Fecha de muestreo *	17/12/2020
					Hora de muestreo *	09:30
MS					Código del Laboratorio	CS200011
	METALES EN SUELOS					
MS08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadios	0.10	4.86	
MS24	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR	0.100	582.860	
MS33	Cromo VI	mg/Kg Cr^{+6}	Difenilcarbazida	10	< 10	

* Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 30 de Diciembre de 2020

MSC. Quím. María Leyna Caldas
Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 004

UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Telefax. 043-426588 - 396
HUARAZ – REGIÓN ANCASH
CIUDAD UNIVERSITARIA — SHANCAYAN

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

SOLICITANTE : Lyz Inaida, Rosario Bonifacio - Tesista

PROYECTO : "Afectación del suelo por metales pesados: plomo, cadmio y cromo VI por la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero de Carhuashjirca, en el Distrito y Provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019-2020".

UBICACIÓN : Carhuashjirca – Independencia – Ancash.

CODIGO	PROFUNDIDAD Cm	M.O %	CIC me/100mg
P1	10	4.225	16.001
P2	20	6.149	17.015
P3	20	6.710	17.412

Huaraz, 28 de Agosto del 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH
CIUDAD UNIVERSITARIA — SHANCAYAN

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

SOLICITANTE : Lyz Inaida, Rosario Bonifacio - Tesista

PROYECTO : "Afectación del suelo por metales pesados: plomo, cadmio y cromo VI por la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero de Carhuashjirca, en el Distrito y Provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019-2020".

UBICACIÓN : Carhuashjirca – Independencia – Ancash.

CODIGO	PROFUNDIDAD Cm	M.O %	CIC me/100mg
P1	10	3.225	12.200
P2	20	5.257	13.890
P3	20	5.453	13.132

Huaraz, 16 de Enero del 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH
CIUDAD UNIVERSITARIA — SHANCAYAN

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

SOLICITANTE : Lyz Inaida, Rosario Bonifacio - Tesista

PROYECTO : "Afectación del suelo por metales pesados: plomo, cadmio y cromo VI por la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero de Carhuashjirca, en el Distrito y Provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019-2020".

UBICACIÓN : Carhuashjirca – Independencia – Ancash.

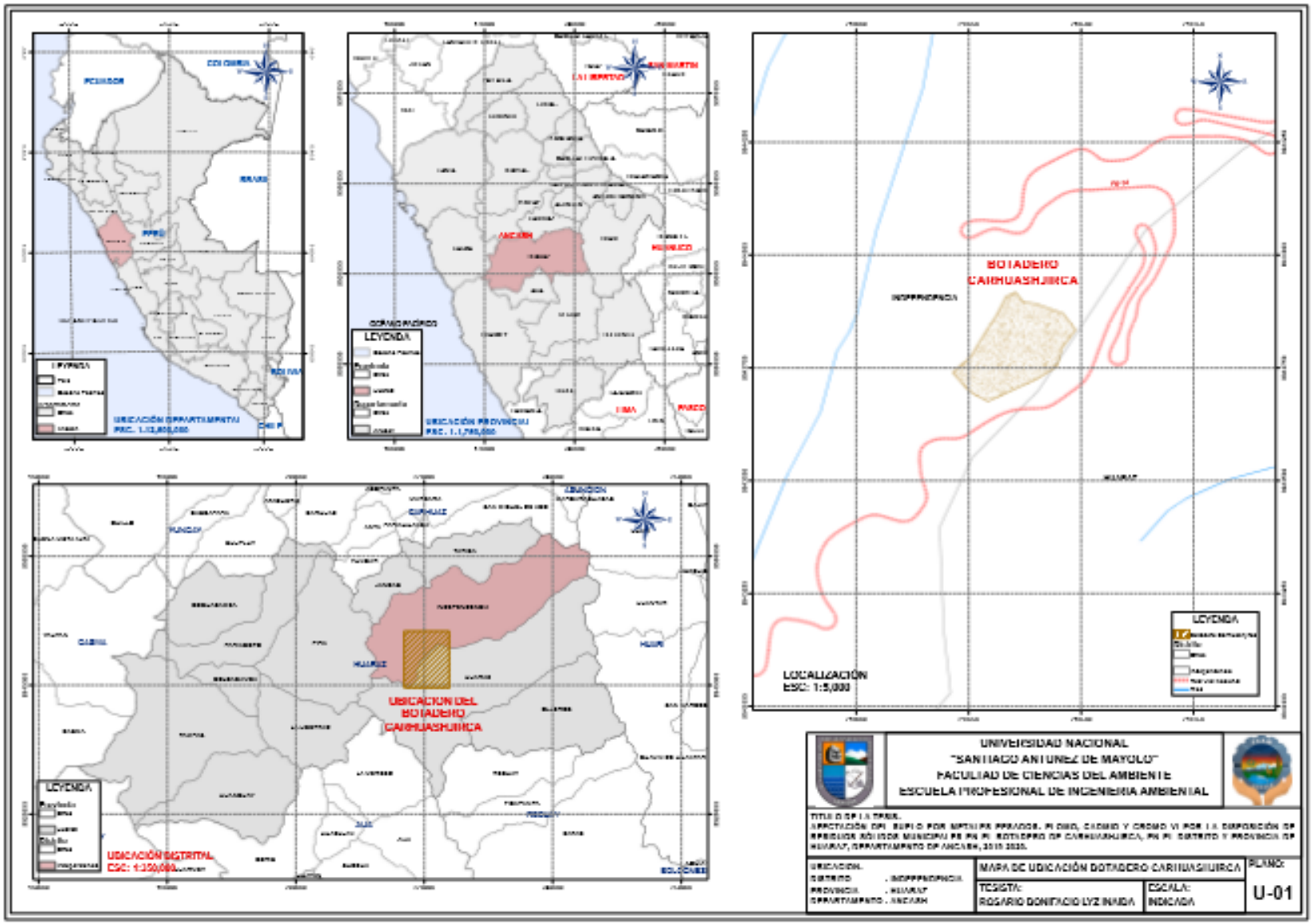
CODIGO	PROFUNDIDAD Cm	M.O %	CIC me/100mg	pH	Temperatura C°	Humedad %
PCONTROL	20	3.25	12.10	6.9	18.1	15.8

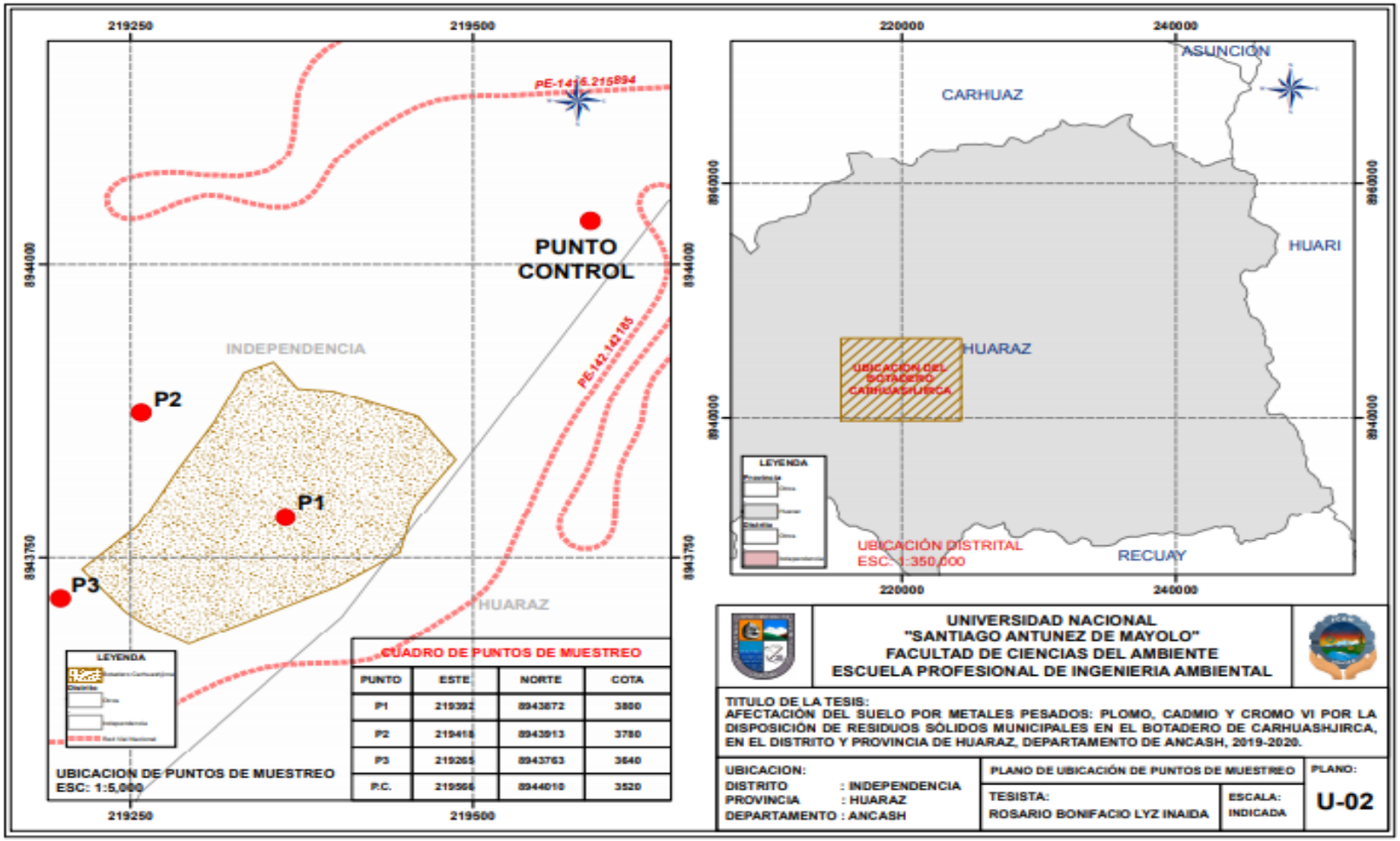
Huaraz, 26 de Febrero del 2021

Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

ANEXO 5

MAPA DE UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO Y MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO


UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
UBICACIÓN PROVINCIAL
UBICACIÓN DISTRITAL
UBICACIÓN DEL BOTADERO CARHUASHJIRCA
LEYENDA
BOTADERO CARHUASHJIRCA
LOCALIZACIÓN
ESC: 1:5,000
UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL
MAPA DE UBICACIÓN BOTADERO CARHUASHJIRCA
ROSARIO DONIFACIO LYZ INADA
INDICADA
U-01


219250
219500
8944000
8943750
PE-14 16.215894
PUNTO CONTROL
INDEPENDENCIA
P2
P1
P3
PE.142.142185
HUARAZ
LEYENDA
UBICACION DE PUNTOS DE MUESTREO
ESC: 1:5,000
CUADRO DE PUNTOS DE MUESTREO
PUNTO | ESTE | NORTE | COTA
P1 | 219392 | 8943872 | 3800
P2 | 219418 | 8943913 | 3780
P3 | 219265 | 8943763 | 3640
P.C. | 219566 | 8944010 | 3520
220000
240000
8960000
8940000
ASUNCION
CARHUAZ
HUARI
HUARAZ
UBICACION DEL BOTADERO CARHUASHUIRCA
LEYENDA
UBICACIÓN DISTRITAL
ESC: 1:350,000
RECUAY
UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL
TITULO DE LA TESIS:
AFECTACIÓN DEL SUELO POR METALES PESADOS: PLOMO, CADMIO Y CROMO VI POR LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL BOTADERO DE CARHUASHJIRCA, EN EL DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2019-2020.
UBICACION:
DISTRITO : INDEPENDENCIA
PROVINCIA : HUARAZ
DEPARTAMENTO : ANCASH
PLANO DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO
TESISTA:
ROSARIO BONIFACIO LYZ INAIDA
ESCALA:
INDICADA
PLANO:
U-02

ANEXO 6

PANEL FOTOGRÁFICO

Cartel de identificación ubicado al ingreso del botadero

Delimitación del área de estudio y ubicación de los puntos de muestreo, con el GPS Garmin

Vista panorámica del área del botadero de Carhuashjirca

Personal obrero segregando los residuos sólidos

Tractor oruga D7G de 190 HP, esparciendo los residuos sólidos para su posterior tapado con material de cobertura

Tanque de almacenamiento de lixiviados, ubicado en la parte baja del botadero

Delimitación del área para muestreo de suelos

Colecta de muestra de suelo en época de estiaje

Colecta de muestra de suelo en época de lluvia

Colecta de muestra de suelo en el punto control