



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 001-2024-FCA/UNACH

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada “**Grado de contaminación del suelo por metales pesados en el botadero municipal de residuos sólidos del distrito de Chota**”; desarrollada por el **Bachiller Alex Ronal Tirado Mejía** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorado por el Dr. Guillermo Alejandro Chávez Santa Cruz**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 15%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 08 de enero de 2025.

Atentamente

I.Sc. Ruben Iván Marchena Chanduvi
Director de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias




RIMCH/DUIFCA
Interesado
AFCA
Archivo
Chota 2025

CO-01-2024-UIFCA-UNACH

Correo: investigacionfca@unach.edu.pe

Alex Ronal Tirado Mejía

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD- UIFCA

-  INFORME DE TESIS 2024
-  PROYECTOS Y TESIS 2024
-  Universidad Nacional Autónoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega**tm:oid:::1:3126261492****Fecha de entrega****8 ene 2025, 8:13 p.m. GMT-5****Fecha de descarga****8 ene 2025, 8:15 p.m. GMT-5****Nombre de archivo****INFORME_FINAL_DE_TESIS_ALEX_08-01-2025_1_-T.docx****Tamaño de archivo****10.4 MB****53 Páginas****9,137 Palabras****48,554 Caracteres**


15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...


Filtrado desde el informe

▸ Bibliografía

Fuentes principales

14%  Fuentes de Internet

5%  Publicaciones

4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 14% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

| | | | |
|-----------|--------------------|--|-----------|
| 1 | Internet | | |
| | | hdl.handle.net | 2% |
| 2 | Internet | | |
| | | repositorio.unasam.edu.pe | 2% |
| 3 | Internet | | |
| | | repositorio.upsc.edu.pe | 1% |
| 4 | Internet | | |
| | | www.repositorio.unach.edu.pe | 1% |
| 5 | Internet | | |
| | | repositorio.unach.edu.pe | 1% |
| 6 | Internet | | |
| | | apirepositorio.unh.edu.pe | 1% |
| 7 | Internet | | |
| | | repositorio.uap.edu.pe | 1% |
| 8 | Internet | | |
| | | apmvs.anpm.ro | 0% |
| 9 | Internet | | |
| | | www.minem.gob.pe | 0% |
| 10 | Internet | | |
| | | repositorio.ucv.edu.pe | 0% |
| 11 | Publicación | | |
| | | FC INGENIERIA Y SERVICIOS AMBIENTALES SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "PAM... | 0% |

| | | | |
|-----------|--------------------------------|--|-----------|
| 12 | Internet | oldri.ues.edu.sv | 0% |
| 13 | Publicación | WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "DIA del Proyecto S... | 0% |
| 14 | Trabajos del estudiante | Universidad Cesar Vallejo | 0% |
| 15 | Internet | www.slideshare.net | 0% |
| 16 | Internet | www.unach.edu.pe | 0% |
| 17 | Publicación | EQUILIBRIO AMBIENTAL S.A.C.. "DAA de Planta La Victoria Para Venta de Maquin... | 0% |
| 18 | Internet | www.researchgate.net | 0% |
| 19 | Trabajos del estudiante | Pontificia Universidad Catolica del Peru | 0% |
| 20 | Publicación | WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "MEIA del Proyecto ... | 0% |
| 21 | Internet | www.zaragoza.unam.mx | 0% |
| 22 | Internet | rdpc.uevora.pt | 0% |
| 23 | Internet | repositorio.ujcm.edu.pe | 0% |
| 24 | Internet | repositorio.udh.edu.pe | 0% |
| 25 | Internet | repositorio.unap.edu.pe | 0% |

| | | | |
|----|-------------------------|---|----|
| 26 | Trabajos del estudiante | Universidad Nacional Autonoma de Chota | 0% |
| 27 | Internet | core.ac.uk | 0% |
| 28 | Internet | dspace.esepoch.edu.ec | 0% |
| 29 | Internet | repositorio.uaustral.edu.pe | 0% |
| 30 | Internet | repositorio.ug.edu.ec | 0% |
| 31 | Internet | www.scielo.org.mx | 0% |
| 32 | Internet | dspace.ucuenca.edu.ec | 0% |
| 33 | Internet | repositorio.uct.edu.pe | 0% |
| 34 | Internet | repositorio.ute.edu.ec | 0% |
| 35 | Trabajos del estudiante | uncedu | 0% |
| 36 | Internet | repositorio.upp.edu.pe | 0% |
| 37 | Internet | tu-freiberg.de | 0% |
| 38 | Publicación | KEVIN OMAR S.A.C. "EIA-SD de Ampliación de la Capacidad de Producción de la Pl... | 0% |
| 39 | Internet | epaper.dental-tribune.com | 0% |

| | | | |
|-----------|--------------------|--|-----------|
| 40 | Internet | repositorio.unc.edu.pe | 0% |
| 41 | Internet | sidalc.net | 0% |
| 42 | Internet | bva.colech.edu.mx | 0% |
| 43 | Internet | cdn.www.gob.pe | 0% |
| 44 | Internet | repositorio.continental.edu.pe | 0% |
| 45 | Publicación | "Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derech... | 0% |
| 46 | Publicación | William Leoncio Carrasco-Chilón, Wuesley Yusmein Alvarez-García, Marieta E. Cer... | 0% |
| 47 | Publicación | IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, S.A. SUCURSAL DEL PERU. "Pl... | 0% |
| 48 | Publicación | Sugenith Margarita Arteaga Castillo. "Cultivos para el cambio climático: selección... | 0% |
| 49 | Internet | patents.google.com | 0% |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



**Grado de contaminación del suelo por metales pesados en el botadero municipal de residuos sólidos del distrito
de Chota**

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

AUTOR

Bach. Alex Ronal Tirado M

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Guillermo A. Chávez Santa Cruz".

Dr. Guillermo A. Chávez Santa Cruz
CIP 28030
Docente - UNACH

ASESOR

Dr. Guillermo Alejandro Chávez Santa Cruz

CHOTA – PERÚ

NOVIEMBRE, 2024



Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 015-2024-FCA

Siendo las 9:20 a.m horas, del día 6 de noviembre de 2024, los miembros del Jurado de Tesis titulada: “**Grado de contaminación del suelo por metales pesados en el botadero municipal de residuos sólidos del distrito de Chota**”, integrado por:

1. Dr. Pedro Javier Mansilla Cordova Presidente
2. M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito Secretario
3. Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza Vocal

Sustentada de manera presencial (X), virtual () por el Bach. Alex Ronal Tirado Mejía, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: 12 (Doce), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional

Colpa Matara, 6 de noviembre del 2024

Dr. Pedro Javier Mansilla Córdoba
Presidente

M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito

Secretario

Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza

Vocal

DEDICATORIA

A mis padres por inculcarme buenos valores, ofrecer su cariño, su apoyo absoluto, por ser el sustento de mis estudios y darme el aliento para terminar mi carrera profesional; y a mis hermanos por darme sus buenas lecciones y ese aliento de superación.

A mi esposa, Flor Nelly, y a mi hija Tatiana, por su afecto y apoyo inquebrantable, por ser mi impulso en los instantes dificultosos y felices, y por inspirarme a perseguir mis metas y objetivos.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la vida, la fortaleza y sobre todo darme la oportunidad de continuar luchando a lado de mis seres queridos, e inspirarme a estudiar mi carrera profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por acogerme durante cinco años para realizar mi carrera profesional, a mis educadores por impartirme sus saberes y experiencias y poder formarme como profesional, a mis compañeros por interactuar buenas ideas durante nuestra vida universitaria.

Mi profundo agradecimiento a mi asesor, al Dr. Guillermo A. Chávez Santacruz, por su conocimiento, enseñanza y apoyo incondicional, por ser la guía para lograr la elaboración y culminación de esta investigación.

También agradezco a mis familiares por la confianza y el cariño que siempre me demostraron, a mis amigos por sus ánimos de superación, buenos deseos y a mis jurados por las buenas orientaciones, ya que sin ellos hubiese sido imposible realizar esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| <u>DEDICATORIA</u> | 9 |
| <u>AGRADECIMIENTO</u> | 10 |
| <u>ÍNDICE DE TABLAS</u> | 14 |
| <u>ÍNDICE DE FIGURAS</u> | 15 |
| <u>RESUMEN</u> | 10 |
| <u>ABSTRACT</u> | 17 |
| <u>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</u> | 18 |
| <u>1.1.Planteamiento del problema</u> | 19 |
| <u>1.2. Formulación del problema</u> | 21 |
| <u>1.3. Justificación de la investigación</u> | 21 |
| <u>1.4. Objetivos</u> | 21 |
| <u>1.4.1. Objetivo General</u> | 22 |
| <u>1.4.2. Objetivos Específicos</u> | 22 |
| <u>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</u> | 23 |
| <u>1.2.Antecedentes</u> | 23 |
| <u>2.2. Bases teóricas - científicas</u> | 25 |
| <u>2.2.1. Metales pesados</u> | 25 |
| <u>2.2.2. Contaminación del suelo por metales pesados</u> | 25 |
| <u>2.2.3. Movilización de los metales pesados en el suelo</u> | 26 |
| <u>2.2.4. Los efectos de los metales pesados en el suelo y el medio ambiente</u> | 26 |
| <u>2.2.5. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)</u> | 29 |
| <u>2.2.6. Botadero a cielo abierto</u> | 29 |
| <u>2.2.7. Residuos sólidos</u> | 30 |
| <u>2.2.8. Composición del lixiviado</u> | 30 |
| <u>2.2.9. Suelo</u> | 32 |
| <u>2.2.10. Composición del suelo</u> | 32 |

| | |
|--|--------------------------------------|
| 2.2.11. <u>Contaminación del suelo</u> | 33 |
| 2.3. <u>Marco conceptual</u> | 34 |
| 2.3.1 <u>Calidad del suelo</u> | 34 |
| 2.3.2 <u>Botadero</u> | 340 |
| 2.3.3 <u>Metal pesado</u> | 34 |
| 2.3.4 <u>Lixiviado</u> | 34 |
| 2.3.5 <u>Sitio contaminado</u> | 34 |
| 2.3.6 <u>pH</u> | 35 |
| 2.4. <u>Hipótesis</u> | 35 |
| 2.5. <u>Operacionalización de variables</u> | 35 |
| CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO | 363 |
| 3.1. <u>Tipo y nivel de investigación</u> | 36 |
| 3.2. <u>Diseño de investigación</u> | 36 |
| 3.3. <u>Métodos de investigación</u> | 36 |
| 3.4. <u>Población, muestra y muestreo</u> | 38 |
| 3.4.1 <u>Población</u> | 386 |
| 3.4.2 <u>Muestra</u> | 38 |
| 3.4.3 <u>Muestreo</u> | 38 |
| 3.5. <u>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</u> | 39 |
| 3.5.1 <u>Fase de campo</u> | 40 |
| 3.5.2 <u>Fase de laboratorio</u> | 41 |
| 3.6. <u>Técnicas de procesamiento y análisis de datos</u> | 39 |
| 3.7. <u>Aspectos éticos</u> | 42 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 43 |
| 4.1. <u>Descripción de resultados</u> | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.1.1. <u>Concentración de plomo en el suelo del botadero</u> | 4341 |
| 4.1.2. <u>Concentración de arsénico en el suelo del botadero</u> | 442 |

| | |
|--|-----|
| <u>4.1.3. Concentración de cadmio en el suelo del botadero</u> | 45 |
| <u>4.2. Contratación de hipótesis</u> | 47 |
| <u>4.3. Discusión de resultados</u> | 48 |
| <u>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u> | 51 |
| <u>5.1. Conclusiones</u> | 510 |
| <u>5.2 Recomendaciones</u> | 521 |
| <u>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> | 52 |
| <u>CAPÍTULO VII. ANEXOS</u> | 61 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|--------------------------------------|
| <u>Tabla 1 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo</u> | 29 |
| <u>Tabla 2 Concentración de los lixiviados</u> | 31 |
| <u>Tabla 3 Operación de variable</u> | ¡Error! Marcador no definido. |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| <u>Figura 1 Mapa de ubicación del botadero municipal de residuos sólidos del distrito de Chota</u> | 34 |
| <u>Figura 2 Niveles de concentración de plomo (Pb) en el suelo del botadero</u> | 44 |
| <u>Figura 3 Niveles de concentración de arsénico (As) en el suelo del botadero</u> | 454 |
| <u>Figura 4 Niveles de concentración de cadmio (Cd) en el suelo del botadero</u> | 47 |
| <u>Figura 5 Vista del botadero municipal de residuos sólidos del distrito Chota – Pingobamba alto</u> | 62 |
| <u>Figura 6 Inicio de levantamiento de puntos geográficos en el botadero municipal de residuos sólidos del distrito de Chota - Pingobamba alto</u> | 623 |
| <u>Figura 7 Apertura de calicata de 40-60 cm de profundidad para luego realizar el muestreo del suelo</u> | 634 |
| <u>Figura 8 Medición de la calicata para el muestreo de suelo de 40 a 60 cm en el botadero municipal de Chota – Pingobamba alto</u> | 634 |
| <u>Figura 9 Muestreo de suelo para el análisis de los metales pesados en el botadero municipal de Chota – Pingobamba alto</u> | 645 |
| <u>Figura 10 Etiquetado de muestras en el botadero municipal del distrito de Chota – Pingobamba alto</u> | 645 |
| <u>Figura 11 Pesado de muestras en el botadero municipal del distrito de Chota Pingobamba alto</u> | 66 |
| <u>Figura 12 Ficha de registro de datos de laboratorio</u> | 667 |
| <u>Figura 13 Etiqueta de identificación para muestras</u> | 678 |
| <u>Figura 14 Ficha de registro de datos para muestreo de suelo según MINAM</u> | 689 |

RESUMEN

En los últimos tiempos los residuos sólidos han aumentado debido al crecimiento poblacional y al consumismo, la cual son arrojados a vertederos sin recibir ningún tratamiento, por lo que es un problema medioambiental, que contaminan el suelo y perjudican la salud de la población, siendo responsables las municipalidades quienes deben gestionar y manejar adecuadamente los residuos sólidos. El estudio tuvo la intención de evaluar la contaminación de la superficie por elementos metálicos en el tiradero de desechos sólidos del distrito de Chota, se muestreó en julio de 2023 época de sequía, en seis puntos aleatorios previamente georreferenciados. Se tomaron muestras de suelo hasta una hondura de 60 cm. Los resultados mostraron concentraciones de plomo (Pb) de 2,6 a 14,7 mg/kg, arsénico (As) de 2,4 a 3,4 mg/kg, y cadmio (Cd) de 2,5 a 3,5 mg/kg. Obteniendo como principal conclusión que la infección del tiradero del consejo se debe a la presencia de lixiviados que contienen metales pesados, indicando que el Cd sobrepasa las normativas de los ECA peruano, la cual es muy riesgoso para el bienestar humano y el entorno, dado que el Cd, es altamente tóxico, se adhiere rápidamente al suelo y rocas, amenazando los ecosistemas y la salud pública. Sin embargo, el Pb y As no superan los ECA de la normativa peruana para superficies agrícolas, indicando ausencia de contaminación de la superficie por metales.

Palabras claves: Botadero, contaminación, grado, metales pesados, suelo.

ABSTRACT

In recent times, solid waste has increased due to population growth and consumerism, which is thrown into landfills without receiving any treatment, making it an environmental problem, which contaminates the soil and harms the health of the population, with municipalities being responsible for properly managing and handling solid waste. The study intended to evaluate the contamination of the surface by metal elements in the solid waste dump of the Chota district, it was sampled in July 2023 during the dry season, in six previously georeferenced random points. Soil samples were taken up to a depth of 60 cm. The results showed concentrations of lead (Pb) from 2.6 to 14.7 mg/kg, arsenic (As) from 2.4 to 3.4 mg/kg, and cadmium (Cd) from 2.5 to 3.5 mg/kg. Obtaining as a main conclusion that the infection of the landfill of the council is due to the presence of leachate containing heavy metals, indicating that Cd exceeds the regulations of Peruvian ECAs, which is very risky for human well-being and the environment, since Cd is highly toxic, adheres quickly to soil and rocks, threatening ecosystems and public health. However, Pb and As do not exceed the ECA of Peruvian regulations for agricultural areas, indicating the absence of contamination of the surface by metals.

Keywords: Dump, pollution, grade, heavy metals, soil.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos son generalmente el resultado de actividades humanas como la vivienda, el comercio, las instituciones y el barrido de las vías públicas. Se depositan en espacios inadecuados, degradando el suelo y colocando en amenaza el bienestar humano. En las últimas décadas, los residuos sólidos han aumentado debido al crecimiento de la población y al consumismo, por lo que se vierten en botaderos sin ningún tratamiento previo (Singh et al., 2018). La disposición de desechos en áreas no aptas sin ninguna preparación técnica para su liberación al ambiente, es un hábito erróneo que aún existe en el Caribe y América Latina (Quispe et al., 2021).

El gobierno peruano ha emitido dos nuevas leyes: El D.L. N°1278 y su reglamento (D.S. 014-2017-MINAM) y la Ley N° 27972 Ley Orgánica de Municipalidades. Estas leyes asignan a las municipalidades la responsabilidad de recolectar, transportar y disponer de manera segura los residuos sólidos. Asimismo, imponen a las municipalidades la obligación de cobrar por sus servicios y mantener la salud pública (Ministerio del Ambiente, 2022).

Las municipalidades en el país, no priorizan la colocación final de los escombros, por lo que las autoridades encargadas enfrentan un reto urgente en la conservación y recuperación de los rellenos sanitarios (Quispe et al., 2021).

La superficie infectada por los componentes metálicos está primordialmente vinculada con las actividades de las personas. El vertido terminable de los residuos sólidos en botaderos presenta gran cantidad de lixiviados que contienen sustancias altamente tóxicas, que conlleva a producir impactos ambientales de gran importancia (Quispe et al., 2021).

La retención a largo plazo de los componentes metálicos en el espacio logra dar lugar a su transferencia a microbios y plantas, lo que supone un peligro extremo para la salud. Además, pueden migrar en solución a través de varios procesos químicos y biológicos (Izah et al., 2022).

Estudios realizados sobre la contaminación de botaderos al aire libre demostraron que los lixiviados son sustancias altamente tóxicas, que contienen algunos componentes metálicos que en acumulaciones elevadas son nocivos para la salud humana el ambiente (Chávez, 2023).

El principal resultado de la contaminación sobre el suelo, es el cambio de su composición física, química y biológica de esta manera afecta su productividad (Chávez, 2023).

La municipalidad de Chota vierte los residuos sólidos a un especio a cielo abierto sin ningún tratamiento, lo que genera contaminación por metales pesados, el asentamiento de Pingobamba alto es donde se encuentra el botadero, los métodos inadecuados en este ámbito tienen un efecto adverso sobre el bienestar humano y el territorio, influyendo en los ecosistemas como el suelo, el agua y el aire.

Este estudio evaluó el grado de contaminación por componentes metálicos en el suelo del vertedero municipal de desechos del distrito de Chota de la comunidad de Pingobamba alto.

1.1. Planteamiento del problema

En las finales épocas ha aumentado la problemática ambiental, debido al crecimiento poblacional en casi todos los países del mundo , la cual generan residuos sólidos que se acumulan en fuentes naturales contaminando los suelos y ocasionando dificultades a la salud pública (Chakraborty et al., 2022).

La inexistencia de un buen tratamiento de acumulación final de los residuos implica la degradación de la superficie por la existencia de algunos metales pesados. Los residuos sólidos tirados en vertederos generan mayores impactos ambientales, puesto que no se realiza ningún tratamiento, la cual producto del deterioro del material vivo generan lixiviados que contaminan los suelos y pone en riesgo la salud del hombre (Ibáñez et al., 2021). La eliminación de residuos generan un problema en común para los gobiernos debido al incremento poblacional y por ende los rellenos sanitarios generan gran cantidad de lixiviados (Ramirez et al., 2017).

A nivel mundial, el mayor problema ambiental para las nuevas generaciones es el uso impropio de los residuos sólidos, ya que al ser dispuestos en lugares inapropiados generan contaminación sin tener en cuenta que la superficie es el principal afectado (Mendoza, 2016). Un botadero genera lixiviados que entre sus elementos más nocivos son los componentes metálicos, el cromo, plomo y cadmio, estos por su degradación alcanzan estar demasiado tiempo en el medio ambiente (Barreto y Colque, 2021)

La administración del uso de los desechos resistentes es un inconveniente más visible que afecta a las unidades ambientales. Como la colocación impropia de los desechos resistentes en zonas superficiales y sin los métodos adecuados de sanidad, dado que la acción antropogénica han modificado severamente muchos ecosistemas, particularmente en sitios urbanos (Burga, 2021).

La expulsión inadecuada de residuos en vertederos provoca la putrefacción del material viviente de los desperdicios, lo que produce lixiviados que contienen metales pesados. Estos contaminantes llegan a la superficie, a las aguas subyacentes y a otros cuerpos de agua a través de la infiltración, afectando la productividad del suelo, dañando la flora, fauna y contaminando las aguas de los ríos que pueden tener un efecto adverso en la salud humana, ya que en las zonas bajas estas aguas se utilizan para el regadío de árboles frutales, ingesta de animales y uso de las personas (Breña y Jesús, 2022).

La ciudad de Chota carece de un vertedero para la colocación final de los restos resistentes, colocándose los restos de las viviendas, de hospitales, procesamiento y lo demás, en vertederos al intemperie, la cual generan lixiviados que originan dificultad en el bienestar humano y el territorio, dado que se desplazan a las partes bajas del lugar y desembocan en quebradas de agua, donde sus aguas se usan para irrigar especies, ingesta de animales y para el consumo humano (Ramos, 2023).

En el distrito de Chota, el lugar del botadero se encuentra en la localidad de Pingobamba alto, espacio donde se acumulan los restos resistentes en un botadero, sin contar con las medidas adecuadas de disposición final, conllevando a la degradación del suelo y del ambiente (Chávez, 2023). El acopio de los residuos en

conllevan al deterioro del suelo, que pueden sobrepasar los ECA para suelo contemplado en la normativa peruana, para ello es necesario la edificación de un relleno de proceso de desechos, para minimizar la generación de lixiviados que contaminan al suelo (Burga, 2021).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el grado de contaminación del suelo por la presencia de metales pesados en el botadero municipal de residuos sólidos del distrito de Chota?

1.3. Justificación de la investigación

El deficiente manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Chota, suscita un inconveniente ambiental, puesto que no se realiza un aprovechamiento adecuado de estos residuos, la cual conlleva al deterioro del suelo, bienestar humano y del entorno.

Conocer la contaminación de la superficie por metales pesados en el tiradero de desechos sólidos en la ciudad de Chota, permitirá que la población aledaña conozca los efectos nocivos que originan los tiraderos al aire libre, puesto que los espacios donde se coloca la basura del pueblo de Chota perjudica el bienestar de la comunidad, ya que el manejo de la basura siempre se ignora por parte de los actores involucrados, siendo la municipalidad responsable de gestionar y operar adecuadamente los residuos sólidos (Aguilar et al., 2018).

Esta investigación es de mucha importancia para la población de Chota, pues los botaderos sin ningún procedimiento previo, representan un alto riesgo de afectación a los suelos, dado que a este lugar llegan residuos de diferentes tipos y al ser arrojados a la intemperie sin los tratamientos adecuados conlleva a que afecte gravemente al suelo, generando un foco de contaminación por metales pesados, por la acumulación de pilas, baterías, tubos fluorescentes y otros, la cual generan lixiviados que contienen sustancias químicas peligrosas que pueden ser nocivas para el suelo, afectando la agricultura y ganadería.

Los resultados del proyecto de tesis permiten facilitar datos de reseña sobre el número de elementos metálicos en la superficie, que podrán utilizarse en estudios posteriores para determinar la línea de actuación adecuada para remediar el suelo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el grado de contaminación del suelo por la presencia de metales pesados en el botadero municipal de residuos sólidos del distrito de Chota.

1.4.2. Objetivos Específicos

Evaluar los niveles de plomo, arsénico y cadmio en el suelo del botadero municipal de residuos sólidos del distrito de Chota.

Contrastar la concentración de metales pesados en el suelo con los estándares de calidad ambiental ECA del MINAM.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

1.2. Antecedentes

A Nivel Internacional

Cerón y Cruz (2020) realizaron una investigación para determinar el porcentaje de níquel, cadmio, plomo y zinc en áreas cercanas al relleno sanitario Santa Ana el Salvador. Los resultados demuestran que los puntos examinados están por debajo de los límites aceptables para cada metal: Cd, 37 mg/kg base seca; Ni, 1600 mg/kg base seca; Pb, 400 mg/kg base seca; y Zn, 150 mg/kg a $\text{pH} < 7$. Concluyendo que los resultados son consistentes con la norma mexicana NOM-147-EMARNAT/SSA1-2004, que especifica un valor límite de 37 mg/kg para un metal.

Guevara (2019) midió elementos pesados como zinc, arsénico, mercurio y cobre en muestras de líquido residual de restos resistentes de la ciudad del relleno sanitario Baños de Agua Santa. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: El zinc oscila entre un máximo de 0,427 mg/L y un mínimo de 0,188 mg/L, el cobre entre 1,718 mg/L y 0,129 mg/L, y el arsénico entre 0,88 mg/L y 0,51 mg/L. Los metales pesados encontrados en los residuos sólidos urbanos del vertedero sanitario de Baños de Agua Santa superan los niveles permitidos.

Vega (2019) en su investigación el análisis de las participaciones fisicoquímicas de los suelos utilizados para la acumulación de residuos sólidos urbanos, considera que la afectación inducida por los residuos sólidos presentó un aumento considerable de elementos: potasio, magnesio, fósforo, hierro calcio, azufre y magnesio así como una ligera pérdida de pH de 5,5 a 5,2, todo ello atribuido al uso del suelo; la combustión incontrolada de residuos sólidos en botadero emite contaminantes y deteriora la cubierta vegetal.

Cevallos (2018) hallaron que las concentraciones de cromo hexavalente y níquel en el suelo superaron los estándares establecidos en las políticas nacionales e internacionales, causando alteraciones en la superficie; sin embargo, las concentraciones plomo y de hierro están por debajo de las concentraciones máximas permitidas por la legislación ecuatoriana.

A Nivel Nacional

Barreto y Colque (2021) llevaron a cabo una investigación destinada a evaluar la presencia de Cr, Cd VI y Pb en suelos agrícolas debido a los lixiviados emanados del vertedero municipal en la Provincia de Espinar, Cusco. Los logros alcanzados fueron: la concentración de Cr VI fue menor a 0,20 mg/kg en los cinco puntos muestreados, con valores de 1,693 mg/kg en el Punto 01, 1,735 mg/kg en el Punto 02, 1,655 mg/kg en el Punto 03, 1,743 mg/kg en el Punto 04 y 2,806 mg/kg en el Punto 05. Así mismo, los niveles de Pb se mantuvieron por debajo de 0,20 mg/kg en todos los puntos. Como conclusión, se determinó que la concentración de Cr VI no supera los ECA (0,4 mg/kg), al igual que el Pb, que no resalta el valor establecido (70 mg/kg); sin embargo, el Cd excede el límite autorizado por la normativa (1,4 mg/kg).

Chicana y López (2021) en su estudio determinaron los daños medioambientales causados por la integración de lixiviados de los vertederos municipales en aguas subterráneas. El estudio determinó que los elementos más importantes eran la calidad de la basura, las circunstancias meteorológicas, las condiciones ambientales y la infraestructura del vertedero. El último elemento es el más significativo por su efecto en aguas subterráneas. En la influencia de los metales pesados en los acuíferos, se descubrió que la disminución de aminoácidos es uno de los efectos más importantes que se tiene en cuenta en la contaminación por lixiviados; el tratamiento Fenton resultó ser el más eficaz en términos de porcentaje de tratamiento.

A Nivel Regional

El estudio de Chávez (2023) evaluó la magnitud del daño ambiental que representa la lixiviación del relleno sanitario de residuos sólidos de Chota. Los resultados muestran que el pH fue calificado como riesgo medio, mientras que la temperatura, el Oxígeno Disuelto (OD), el Cadmio total, el Cromo VI, el Mercurio total, el Plomo total, el Zinc total, los Coliformes totales, los Aceites y Grasas fueron calificados como de riesgo bajo. Tras examinar estos datos, se determinó que el riesgo medioambiental asociado a los lixiviados del vertedero de residuos sólidos era bajo.

Díaz (2019) en su búsqueda sobre la contaminación del suelo por líquidos residuales en el vertedero de la ciudad de San Pablo, llegó a la conclusión que se alcanzó estimar del tiradero municipal, efectuándose dos muestras en distintos tiempos y en diversos puntos del vertedero municipal P1: Suelo Agrícola, P2: Suelo céntrico del tiradero, P3: Suelo de muestra control del tiradero, logrando descubrir la existencia de Cd, Pb y Cr total en los tres espacios de muestreo, excepto el Cromo VI.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Metales pesados

Se refiere a elementos metálicos, incluyendo metales de transición, semimetales, lantánidos y actínidos. De acuerdo con su clasificación, son aquellos con una consistencia superior a 5 g/cm^3 son cruciales en la naturaleza, pero tienen efectos adversos en la salud y organismos vivos (López y Morales, 2022).

Debido a su alta toxicidad, el aluminio, bario, berilio, cobalto, plomo, cobre, estaño, hierro, molibdeno, manganeso, cadmio, mercurio, arsénico, cromo, níquel y otros elementos son riesgosos para humanos y otros seres vivos. Aunque en concentraciones bajas, estos elementos pueden alterar el pH del suelo. Dado que los metales pesados tienden a acumularse en el suelo por deposición atmosférica y sedimentación, su presencia en el aire es contaminante (López y Morales, 2022).

2.2.2. Contaminación del suelo por metales pesados

La aparición de algunos elementos químicos con concentraciones nocivas en el suelo y la composición de contaminantes es un tipo de putrefacción especial y se llama contaminación, pueden ser por su origen geogénicos o antropogénicos (Fernandez et al., 2022).

El depósito ocasional o intencional de diversos materiales como papel, plástico, vidrio, metal, residuos peligrosos, pesticidas o sustancias radioactivas en la superficie puede ser causa de contaminación (Fernández et al., 2022). Los componentes metálicos presentes en la superficie logran tener origen natural en la roca madre o

ser introducidos por actividades humanas; se acumulan en el suelo y pueden ser humedecidos por las cepas de las plantas. Además, existen fuentes antropogénicas de metales en el suelo, como en el laboreo, producción de fuentes de energía, la industria y los desechos domésticos (Pabón et al., 2020).

2.2.3. Movilización de los metales pesados en el suelo

Los metales tienen la capacidad de permanecer en la superficie o ser desplazados en soluciones a través de una variedad de componentes químicos y biológicos (Pacompiá, 2023). De acuerdo con Ávila y Ponguta (2021) hay cuatro rutas dinámicas diferentes que los metales pesados pueden seguir en el suelo: pueden ser captados por las aguas superficiales o subterráneas, evaporarse en la atmósfera, ser absorbidos por las plantas o incorporarse a las cadenas alimentarias.

2.2.4. Los efectos de los metales pesados en el suelo y el medio ambiente

Las consecuencias que pueden producir los metales pesados en la tierra es bastante grave, dependerá específicamente de la concentración, en altas concentraciones puede modificar la alcalinidad del suelo, asimismo, en altas concentraciones de plomo pueden generar variaciones en las plantas, si la afectación es excesiva, puede producir desertificación en los ríos y lagos afectando principalmente a la fauna (Correa et al., 2021).

Efectos del plomo (Pb) en el suelo. El plomo, que tiene un número atómico de 82, tiene una densidad de $11,4 \text{ g/cm}^3$, es un metal de alta toxicidad, blando y deformable, con un color gris azulado, y puede llegar al suelo a través de fuentes naturales y antropogénicas. Además, se encuentra adherido por materia orgánica o por arcillas en la fase sólida en la cual se absorbe químicamente. El Pb (II) también puede adherir a las superficies, en hidróxidos, óxidos y materia orgánica (Munive et al., 2020). Los metales pueden ser introducidos en el agua y pueden ser transportados al ambiente en forma de iones independientes o complejos a través del suelo (Munive et al., 2020).

Dinámica del plomo (Pb). Una vez acumulado en la superficie, es retenido por el constituyente vivo, bien sea por el estiércol, o por la fase sólida arcillosa en el que se adsorbe químicamente de modo que la dosis libre para los vegetales es mínima y se halla en los 5 cm parte inicial del territorio, el incremento de ácidos degradables puede aumentar su solubilidad y ampliar el traslado de Pb desde la parte radicular hacia órganos aéreos (Rosario, 2020).

Efectos del arsénico (As) en el suelo. Su toxicidad es demostrada por su facilidad de movilidad ambiental. Se considera un metaloide con un penetrante grado de contaminación presente en el ambiente, y el proceso de contaminación depende en gran medida de variables naturales y antropogénicas (Barreto y Colque, 2021). Los altos niveles de arsénico en el suelo y en ambientes acuáticos se han convertido en un problema general, ya que la exposición prolongada a este metaloide a menudo puede resultar en problemas de salud.

Los datos químicos revelan que el arsénico tiene un impacto significativo en una variedad de elementos edáficos de su entorno, incluyendo flora, fauna, pH, materia orgánica, fósforo, óxidos de hierro, porosidad, compactación física de los suelos, Medio ambiente, clima. Así como modificaciones biológicas en las especies, la actividad y la complejidad de la era biogeoquímica, el As se verán comprometidas por todos estos elementos (Cruz y Eloy, 2023).

Efectos del cadmio (Cd) en el suelo. El cadmio se combina con la estructura natural de las rocas y el suelo, liberando 25 toneladas al medio ambiente. Debido a la actividad humana, la cantidad de cadmio en el medio ambiente puede aumentar de forma incontrolada. Esto ha indicado un crecimiento en su fabricación porque es un metal utilizado en la manufactura y en productos agrícolas (Pacompiá, 2023).

Dinámica del cadmio (Cd). La dinámica del cadmio (Cd) en el suelo se encuentra en base a la capacidad de la respuesta química y en los distintos sucesos materiales y vivos que suceden en la superficie, el primordial efecto involucrado en las interrelaciones entre los metales y los constituyentes del territorio son la absorbencia, velocidad y formación de complejos (Rosario, 2020).

Aunque el cadmio es poco frecuente y extremadamente peligroso, la mayoría de las personas se emborrachan al consumirlo porque se deposita en los riñones, el hígado y los órganos reproductores. Según investigaciones epidemiológicas, los trabajadores expuestos a este metal poseen una mayor amenaza de padecer de cáncer del órgano respiratorio (Vera et al., 2023).

Debido a que se usan en la fabricación de materiales como baterías, pinturas, fertilizantes, tuberías galvanizadas, cerámica, etc., es un elemento altamente venenoso que se considera un contaminante peligroso para el medio ambiente. Afecta a varios órganos y tejidos humanos, como el riñón, el pulmón, los testículos, el hígado y los huesos (Fernández et al., 2022).

El cadmio se absorbe a través del sistema respiratorio. Tras penetrarse en el torrente sanguíneo, los eritrocitos contienen el 90-95% del cadmio presente. El cadmio se une a la metalotioneína, una proteína de peso molecular minúsculo abundante en átomos de azufre, y a la hemoglobina. La semivida de destrucción del cadmio es de unos 15 años. La mayor parte se excreta principalmente a través de los sistemas intestinal y renal tras depositarse en el hígado y los riñones. Según Vera et al. (2023) la altura máxima de Cd permitidos en sangre es de 5 µg/l, y en orina, de 5 µg/g de creatinina.

2.2.5. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

Se muestran los parámetros de los ECA establecidos para suelo agrícola.

Tabla 1

Estándares de Calidad Ambiental ECA para suelo agrícola

| Parámetros en mg/kg PS | Usos del suelo | Métodos de ensayo |
|------------------------|----------------|-------------------|
| | Suelo agrícola | |
| Inorgánicos | | |
| Arsénico | 50 | EPA 350 |
| Bario total | 750 | EPA 350 |
| Cadmio | 1,4 | EPA 360 |
| Cromo total | | EPA 350 |
| Cromo VI | 0,4 | EPA 360 |
| Mercurio | 6,6 | EPA 7171 |
| Plomo | 70 | EPA 3050 |
| Cianuro libre | 0,9 | EPA 9013 |

Nota. En esta tabla se describe los Estándares de Calidad Ambiental para suelo, establecido por el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, donde se establece los parámetros de los metales pesados para los diferentes usos de suelo.

2.2.6. Botadero a cielo abierto

Es un lugar en donde no se realizan los tratamientos de sanidad y tampoco se impide que el medio ambiente se contamine y son afectados principalmente el agua, suelo y aire, debido a que se forman lixiviados, gases, polvo, malos olores entre otros, al estar a la intemperie se forma un foco de contaminación infeccioso de vectores como insectos y roedores que transmiten enfermedades (Ortega et al., 2021).

Son espacios de acopio inapropiado de basura, la cual el suelo es contaminado por metales pesados, hidrocarburos, sales y microorganismos patógenos que se forman producto de la desintegración de la material vivo (Cruz y Eloy, 2023).

Los residuos depositados en vertederos no sólo contaminan la superficie y el agua, sino que también contaminan el aire porque durante la biodegradación anaeróbica de los residuos se liberan al medio ambiente gases nocivos como el metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y el sulfuro de hidrógeno (H_2S) (Cruz y Eloy, 2023).

2.2.7. Residuos sólidos

Son objetos, materiales o elementos de resistencia sólida, que son desechados una vez que termina su vida útil, compuestos fundamentalmente por materiales que se utilizan en su fabricación, determinado por el procedimiento nacional de inseguridades que provocan la salud y los ecosistemas (Huamaní et al., 2020).

Los residuos sólidos pueden separarse y reutilizarse, lo que reduce la producción de residuos, ayuda a minimizar la infección del aire, tierra y el agua, contribuye a prolongar la existencia de los tiraderos. El 10% de los residuos está compuesto por metales pesados (Vargas et al., 2021).

Tipos de residuos sólidos:

- Según su procedencia: Residuos comerciales, domiciliarios y limpieza pública.
- Espacio municipal y residuos de contorno no municipal, según su administración.
- Según su peligrosidad: Residuos peligrosos y no peligroso.

Los residuos sólidos municipales son una masa diversa formada por residuos procedentes de hogares, comercios, industrias, artesanía e instalaciones, así como por residuos de la limpieza viaria y de zonas públicas (Burga, 2021).

2.2.8. Composición del lixiviado

Mediante la putrefacción de los residuos se filtra agua, se lixivian en soluciones biológicas y componentes químicos, a través de este asunto aparecen corrientes líquidas que se caracterizan por la gran

cantidad de sustancias tóxicas, valores extremos de pH, metales pesados, alta carga orgánica y malos olores intensos (Barrantes, 2021)

Los lixiviados depende de diferentes factores de composición entre los cuales se hallan: conformación de los rellenos (comprensión de los residuos sólidos), la naturaleza, temperatura, contenido de humedad, pH, actividad microbiana, escorrentía superficial, aporte de aguas subterráneas, madurez, edad, la topografía y la vegetación (Barrantes, 2021) .

Los lixiviados difieren significativamente entre los vertederos de nueva construcción (menos de cinco años) y los más antiguos (más de cinco años). Esto es especialmente evidente en los valores de sólidos en suspensión, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO). Los lixiviados tienen una composición compleja y variable, lo que llevó a dividir sus constituyentes en cuatro grandes categorías (Cruz et al., 2023).

En la presente tabla se describe la concentración del lixiviado compuesto por material orgánico, metales pesados y compuestos xenobióticos en relación a los diversos parámetros fisicoquímicos.

Tabla 2

Concentración del lixiviado

| CATEGORÍA | PARÁMETROS |
|---------------------------|---------------------------------|
| Materia orgánica disuelta | DBO, DQO |
| Componentes inorgánicos | Cl, SO ₄ , Ca, Na, K |
| Metales | Fe, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, As |
| Compuestos xenobióticos | PAHs, AO _x , enoles |

Nota. (Sancha, 2013).

2.2.9. Suelo

Es un elemento muy importante para las personas, junto al agua y a la atmósfera, se considera un recurso renovable, conformado por una capa de tierra, tiene una profundidad de 15 cm a más, siendo el soporte de la agricultura y la fuente esencial de los alimentos, es receptor de lluvias, soporte del ser humano y de la vida global, se deben a este elemento para la continuidad de su existencia (Castillo et al., 2021).

Según Castillo et al (2021) el suelo tiene una capacidad de productividad determinada y está compuesto por fracción rocosa, materia orgánica, líquidos y gases en cantidades variables.

2.2.11. Composición del suelo

a. Fase sólida

Según Guevara (2019) la fase sólida es la encargada de determinar el comportamiento del suelo. Sus dos componentes la fracción orgánica, provenientes de los seres existentes, y la fracción mineral, procedente de la materia original se depositan en la superficie y en el interior del suelo.

Según Guevara (2019) los principales elementos de la fase mineral sólida son compuestos de carácter salino, solubles y con menor estabilidad que los silicatos.

Componentes minerales

La fracción mineral del suelo proviene de la materia misma y se constituye por fracciones definidas según su diámetro: arena, limo y arcilla (Zhang, 2022).

Componentes orgánicos

El material orgánico del suelo deriva de desechos de animales muertos, residuos de vegetales por el cual su composición es variable, con el transcurrir del tiempo desaparecen aquellos productos que son más degradables que otros, al final van quedando moléculas con enlaces resistentes a la degradación biológica (Ayala

et al., 2021)

b. Fase líquida

La fase líquida del suelo se constituye por agua y sustancias en solución, ocupando una parte o todo el espacio poroso entre las partículas sólidas. Su contenido varía dependiendo del estado del suelo (Breña y Jesús, 2022).

El transcurso y evolución del suelo se dan en la fase líquida, actuando como un medio de transporte de sustancias dentro o en el exterior del suelo (Breña y Jesús, 2022).

c. Fase gaseosa

Se denomina también atmosfera del suelo, y se compone por un gas idéntica a las del aire, pero con diferentes proporciones en cuanto a sus componentes, esta fase es la que permite que los organismos puedan respirar en la superficie y en las raíces de las especies que cubren su territorio, además ejercen también el rol de óxido-reducción (Rodríguez et al., 2022).

2.2.12. Contaminación del suelo

El suelo ha sido siempre un espacio para acumular residuos sólidos incluyendo algunos que son retenidos del aire y tierra. En las últimas décadas la población mundial se han enfocado en evitar que se sigan contaminado el agua y el aire, esto se debe a que su relación con la salud de las personas es cada día más directa (Balcazar et al., 2020).

Por consiguiente, se debe tomar en cuenta los aspectos que contaminan el suelo, visto que es una amenaza no solo al manejo futuro del suelo, sino también al estado del ámbito de la tierra y la calidad del aire, como virus y baterías que se propagan en los botaderos informales a cielo abierto. Si no presenta los criterios técnicos adecuados un relleno sanitario puede producir lixiviados hacia los suelos y aguas subterráneas (Balcazar et al., 2020).

2.3. Marco conceptual

2.3.1 Calidad del suelo

Es la facultad para mantener su nivel de producción biológica, calidad de su entorno, impulsando la salud del ser humano, las plantas y animales (Cuadras et al., 2021).

2.3.2 Botadero

Un espacio, área o terreno donde se acumulan todo tipo de residuos sólidos sin ningún tratamiento; y que está a la intemperie, por su descomposición genera malos olores desagradables, gases, sustancias líquidas peligrosas afectando al bienestar humano y el entorno Dirección General de Salud Ambiental (Cruz et al., 2023).

2.3.3 Metal pesado

Según Pabón et al. (2020), se trata de componentes químicos con un número atómico superior a 20 o una densidad igual o superior a 5 g/cm³ cuando están de manera elemental.

2.3.4 Lixiviado

Son líquidos generados por la putrefacción de la sustancia orgánica de desechos sólidos, bajo cierta situación aerobias y anaerobias, producto de la infiltración de agua por los desechos sólidos en proceso de descomposición (Vera et al., 2023)

2.3.5 Sitio contaminado

Un área o lugar concreto en el que los contaminantes residuales de la actividad humana han alterado sus características físicas, químicas y biológicas. Cuando estos contaminantes se acumulan, pueden superar las directrices de calidad ambiental de la CEPA y poner en amenaza el bienestar humano y el medio (López y Morales, 2022).

2.3.6 pH

Es la medición de acidez o alcalinidad del suelo, expresando el movimiento de los iones de hidrógeno, en la solución suelo, el índice de variación es de 1 a 14, siendo 7 neutro, también es un parámetro relevante ya que influye en los diferentes parámetros del suelo (Hernández et al., 2020).

2.4. Hipótesis

El grado de afectación de la superficie por la presencia de elementos metálicos en el botadero municipal del distrito de Chota, exceden las normativas del ECA para superficies agrícolas.

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variable

| Variable | Definición conceptual de variable | de | Dimensión | Indicadores | Técnicas e instrumentos |
|--|--|----|---|---|--|
| Grado de contaminación del suelo del botadero | Suelo cuyas propiedades físicas, químicas y biológicas han sido alteradas por plomo, arsénico y cadmio | | Presencia de plomo, arsénico y cadmio en el suelo | Acumulación de plomo, arsénico y cadmio | Fichas técnicas, guía para muestreo de suelo, ECA para suelo |

Nota. Esta tabla describe la variable de estudio de la investigación grado de contaminación del suelo por componentes metálicos en el tiradero del consejo de desechos resistentes de la ciudad de Chota.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Esta indagación es de tipo cuantitativa, la cual no existe ninguna manipulación a la variable de estudio (Araínga, 2012).

3.1.2 Nivel de investigación

La reciente indagación manifiesta un rango descriptivo, porque se ha realizado la caracterización de la información del espacio de investigación, consiguiendo establecer un vínculo de principio-impacto entre las concentraciones de los elementos metálicos Pb, As y Cd en la superficie del tiradero de la ciudad de Chota.

3.2. Diseño de investigación

Manifiesta una aplicación no experimental, visto que no se manipuló la variable de estudio, pues la búsqueda se focalizó en la colección y exploración de datos existentes y solo se observó la variable dependiente (grado de polución del territorio del tiradero) para luego estimar el resultado de los ejemplares recogidos del laboratorio (Hernández – Sampieri y Mendoza, 2018).

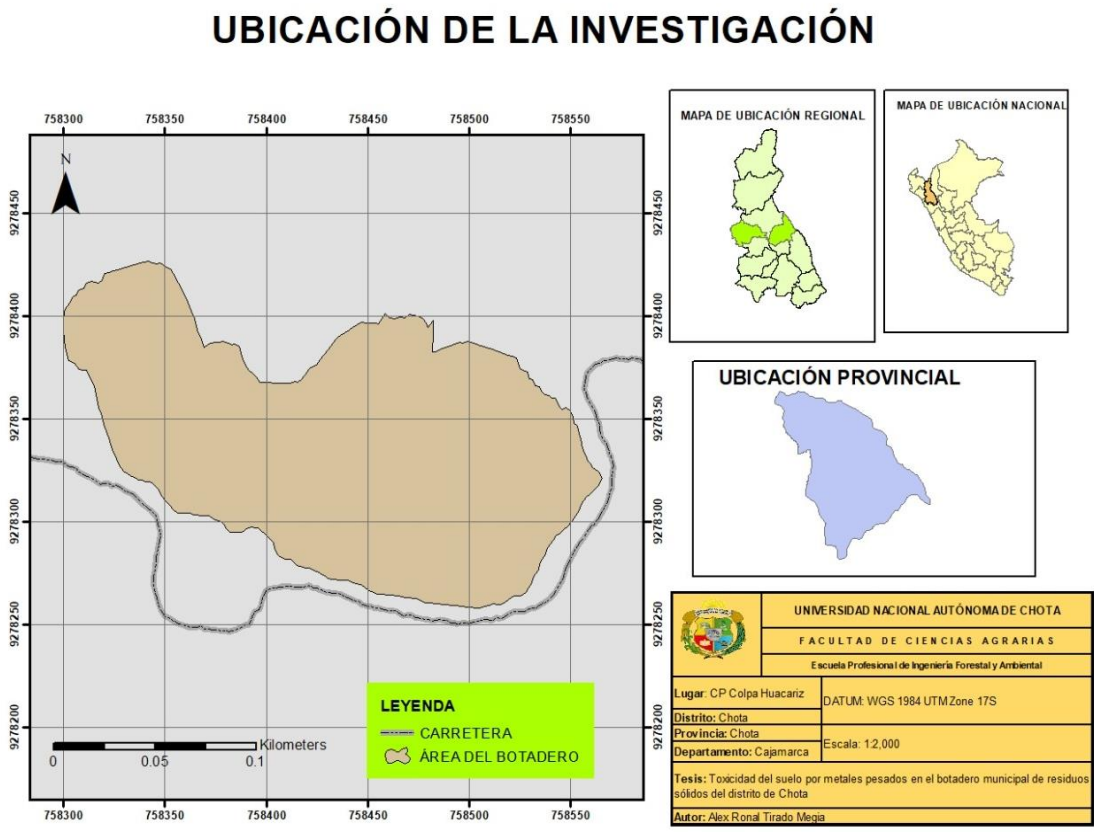
3.3. Métodos de investigación

Ubicación

El vertedero municipal está situado en Pingobamba alto (figura 1), al norte de la ciudad de Chota, en la provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Su coordenada UTM es 758504 E, 9278305 N, y se encuentra a una altitud cercana a los 2532 m encima de la posición del mar.

Figura 1

Mapa de ubicación del botadero municipal de residuos sólidos del distrito de Chota



Nota. La imagen evidencia el sitio del espacio de indagación del tiradero municipal de desechos resistentes de la ciudad de Chota.

Materiales y equipos

Equipos

- Cámara fotográfica
- Equipo GPS (Sistema de Posicionamiento Global)
- Computadora

Materiales e insumos

- Palana
- Guantes de látex
- Bolsas de polietileno
- Libreta de campo
- Tablero
- Material de escritorio
- Balanza

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1 Población

El poblamiento se encuentra representado por 20 000 m² de superficie total del vertedero municipal de la ciudad de Chota.

3.4.2 Muestra

Las muestras fueron recolectadas del área de estudio mediante la observación directa, escogiendo la zona más estratégica, previamente georreferenciadas siendo de 500 g de suelo por calicata.

3.4.3 Muestreo

Este estudio es realizado tomando como base el reglamento de muestrario de la superficie del MINAM Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, utilizando el muestro de identificación, que determina la cantidad de trazos de muestro en competencia de cada espacio de valor internamente de la finca, la cual el protocolo de suelo del MINAM considera una profundidad de aproximadamente un metro para la toma de muestras del espacio.

Por lo que, en la toma muestras superficiales del presente estudio se consideró una profundidad de hasta los 60 cm en el rango que estipula el protocolo para muestreo de suelo del MINAM, mediante la observación directa, se recolectaron muestras en seis lugares diferentes de la región de estudio, con el pretexto de conocer el grado de afectación del territorio del tiradero, por la presencia de metales pesados provenientes de la colocación impropia de los restos resistentes. Las muestras se obtuvieron de forma adecuada, hasta ser trasladadas al laboratorio de suelos INIA Cajamarca.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e implementos que se aplicaron en la siguiente búsqueda fueron:

Revisión bibliográfica. Se centra en la indagación de la completa aclaración para el avance de la reciente labor de averiguación, puesto que se sustenta en fuentes confiables como tesis, obras, revistas y artículos científicos.

Observación directa. La búsqueda es percibida de manera ordenada y dominada, dado que el descubridor tiene la curiosidad hacia reales apariencias y hechos de un incidente y anota datos interesantes para que se cumplan los propósitos de la búsqueda, así mismo la información es ordenada porque el indagador capta, sistematiza y acredita la búsqueda.

Fichas de recolección de datos. Para la anotación de los apuntes se utilizó los registros del terreno de muestro de suelo (Ver Anexo 2).

Manual de toma de muestra. Las muestras se tomaron en el tiradero municipal de restos resistentes de la ciudad de Chota ubicado en la comunidad de Pingobamba alto, las cuales fueron tomadas en seis puntos de la región de estudio, a una profundidad de 60 cm y como criterio se empleó el manual para muestro de suelo, en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

Estándares de Calidad Ambiental para suelo. Se emplearon las normativas de los estándares de calidad ecológico para superficies, Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, donde se evidencia los procesos

de observación de los indicadores fisicoquímicos de la superficie y propiedades del territorio en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarés - LABSAF Baños del Inca INIA Cajamarca, como se indica en la figura el procedimiento de la partición de una muestra de suelo, según el manual de muestreo de la superficie del MINAM.

3.5.1 Fase de campo

- **Periodo del muestreo**

El muestreo se realizó en un solo momento, se recopiló muestras de suelo en el mes de julio del año 2023.

- **Toma de muestras de suelo**

Para realizar la colección de muestras primero se realizó una limpieza de la parte superficial del suelo utilizando pico y palana, retirando todo restos de vegetales, hierbas que puedan perjudicar el muestreo de cada punto, el muestreo es de 500 gramos de suelo por calicata del área total del botadero, ya que las muestras son tomadas utilizando como criterio la observación y cada una georreferenciadas estratégicamente.

Siguiendo el protocolo del MINAM para el muestreo de suelo, se recolectaron muestras superficiales hasta una profundidad de 60 cm para suelo agrícola, utilizando la excavación de calicatas. Se seleccionaron seis puntos de muestreo en la zona de indagación, cada uno georreferenciados. La observación visual fue el criterio para determinar la ubicación de cada punto, asegurando la representatividad de las muestras en el espacio de búsqueda. Las muestras fueron tomadas dentro del área del vertedero como cuerpo receptor. En cada punto de muestreo, se recolectó una muestra de 500 g, totalizando seis muestras.

Para la toma de muestras se emplearon guantes de látex como medida de seguridad para el mezclado y recolección de las muestras, se utilizó bolsas de polietileno transparente, una balanza para el pesado de muestras, luego las muestras fueron trasladadas al laboratorio de suelos acreditado INIA Cajamarca.

- **Preservación y envasado de muestras de suelo**

Las muestras se envasaron en bolsas de polietileno, se sellaron y etiquetaron, y se almacenaron en un lugar seguro hasta su transporte al laboratorio.

- **Forma del etiquetado de las muestras**

Las muestras se etiquetaron con su código, ubicación, número de muestra, fecha y hora.

3.5.2 Fase de laboratorio

- **Muestreo de suelos en el laboratorio**

Los ejemplares se trasladaron al laboratorio para ser analizadas y evaluadas adecuadamente, con el fin de determinar el nivel de inafectación del terreno contaminación del suelo en el vertedero municipal del distrito de Chota.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de los datos consistió, en seleccionar seis puntos de muestreo de la región de estudio, tomando una muestra superficial de 500 gramos de suelo por calicata, hasta una profundidad de 60 cm, siguiendo las pautas del manual de la superficie del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2022). El resultado es la acumulación de algunos componentes metálicos tóxicos en el territorio, por causa de la disposición inapropiada de los residuos sólidos existentes en el botadero.

El conocimiento de los rangos de acumulación de Pb, As y Cd en el suelo del tiradero municipal, se evidenciaron mediante la obtención de la respuesta de análisis de la superficie obtenidos del laboratorio de suelos INIA Cajamarca. Para contrastar la acumulación de metales pesados en el suelo, se emplearon las normativas de los ECA para superficies agrícolas.

Para la exploración estadística se empleó el programa Microsoft office Excel 2013.

3.7. Aspectos éticos

- Esta exploración se realizó con disciplina y responsabilidad durante todo el proceso de investigación, respetando los protocolos de monitoreo de suelo del MINAM.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

Esta investigación se realizó debido a su gran importancia a nivel local, regional y nacional. Los residuos al ser desechados en sitios inapropiados causan contaminación de la superficie mediante la disgregación del material vivo, el cual genera lixiviados, que contienen metales pesados y otras sustancias nocivas penetrados en los restos resistentes. Esto afecta las particularidades físicas y químicas del suelo, disminuye su fertilidad y fomenta la proliferación de insectos y olores desagradables, teniendo un impacto nocivo en la salud de la población cercana y contribuye a la aparición de diversas enfermedades.

4.1.1. Concentración de plomo en el suelo botadero

Como se describe en la (figura 2) el contenido de plomo (Pb) en la superficie del vertedero se sitúa más abajo de los parámetros máximos permitidos determinados por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo. En el área del margen izquierdo del vertedero, representado por el punto P5, la concentración máxima de Pb alcanza los 14,7 mg/kg, mientras que, en el área del margen derecho, representado por el punto P1, la concentración mínima es de 2,6 mg/kg. Por lo tanto, los rangos de Pb encontrados no exceden los límites establecidos por los ECA para el terreno. Concluimos que estos suelos no están intoxicados por plomo (Pb) puesto que las lecturas se sitúan por debajo de las directrices del ECA.

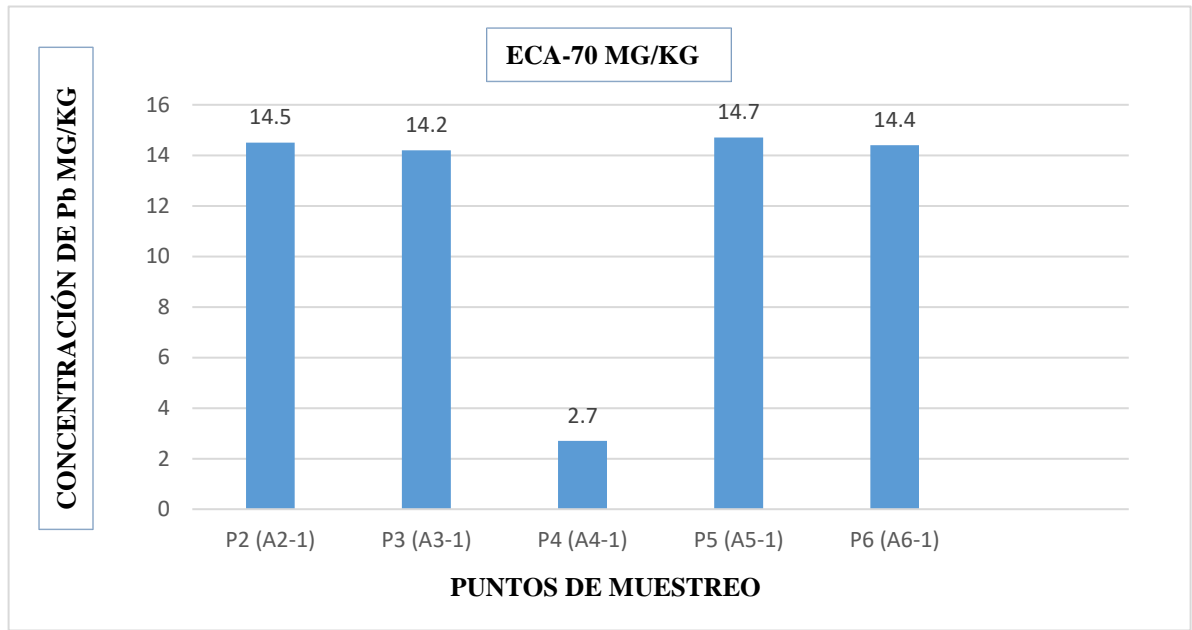
Esta variación de plomo (Pb) se debe a que en el punto P5 hay mayor presencia de lixiviados acompañados por metales pesados, mientras que en el P1 hay una menor concentración de plomo (Pb) debido a que existe menos acopio de residuos sólidos.

El plomo (Pb) tiene una alta afinidad por el humus o la fase sólida arcillosa, donde se absorbe químicamente. Siendo un contaminante altamente tóxico en el medio ambiente, generando cuidado para el

bienestar humano y el hábitat debido a su capacidad para concentrarse rápidamente en el suelo, sedimentos y elementos de agua, y persistir como contaminante atmosférico.

Figura 2

Niveles de concentración de plomo (Pb) en el suelo del botadero



Nota. La figura muestra el comportamiento del plomo (Pb) en relación a los diferentes puntos de muestreo del vertedero del concejo de desechos resistentes de la ciudad de Chota.

4.1.2. Concentración de arsénico (As) en el suelo del botadero

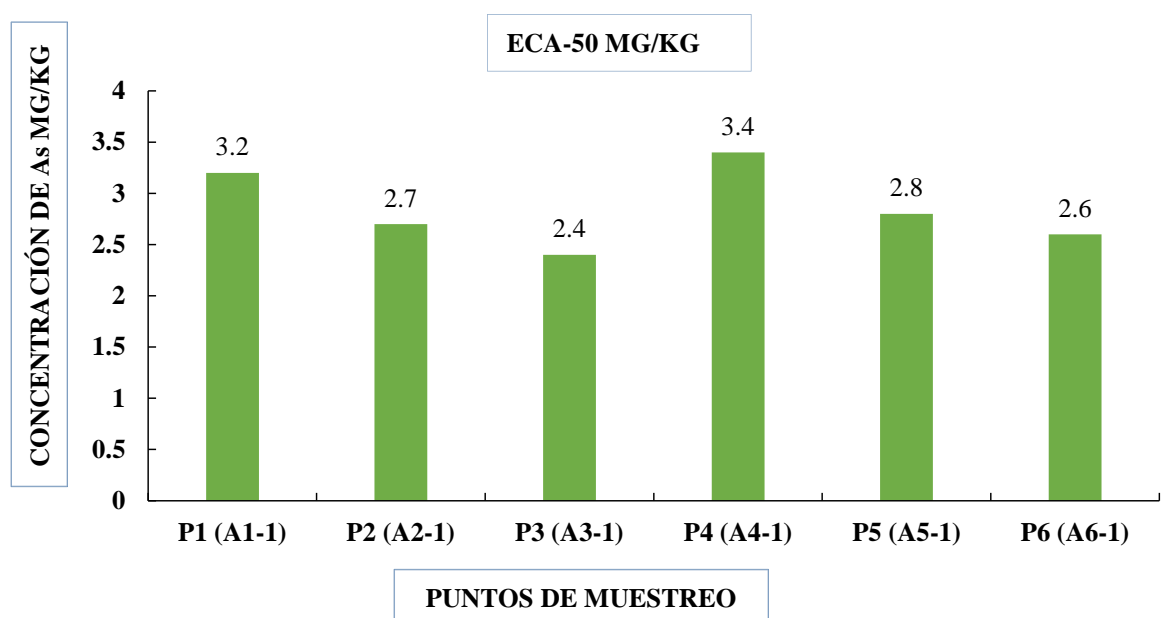
En la (figura 3) revela que el contenido de arsénico (As) en la superficie del vertedero se encuentra dentro de las normativas del ECA establecidos para superficies agrarias, con una acumulación máxima de 3,4 mg/kg en el punto P4 y una mínima de 2,4 mg/kg en el punto P3.

Esta variación de arsénico (As) en la superficie del tiradero se debe a que en el punto P4 hay una mayor concentración de residuos sólidos que al ser descompuestos generan lixiviados, mientras en que en el P3 existe menor concentración de arsénico debido a que los residuos acumulados generan poca infiltración de lixiviados. Dado que el arsénico es más común en las superficies arenosas que en las arcillosas, podemos afirmar que las concentraciones de arsénico en el suelo no superan el ECA. En consecuencia, no se ha considerado que ningún punto de prueba tenga suelo contaminado con arsénico (As).

Diversos factores edáficos como el pH, los óxidos de hierro, el fósforo y la materia orgánica, así como condiciones físicas como la compactación y la porosidad, y variables ambientales como el tiempo y la topografía, influyen en la disponibilidad de arsénico (As) en el territorio. Además, cambios en la vegetación pueden tener un impacto en la actividad del ciclo biogeoquímico del arsénico en la superficie, afectando su complejidad y naturaleza dinámica.

Figura 3

Niveles de acumulación de arsénico (As) en la superficie del vertedero



Nota. La figura muestra el comportamiento del arsénico (As) en relación a los diferentes trazos de muestreo del vertedero municipal de restos resistentes de la ciudad de Chota.

4.1.3. Concentración de cadmio (Cd) en el suelo del botadero

En la (figura 4) evidencia que los rangos de cadmio (Cd) en el suelo del vertedero municipal exceden los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para superficies agrícolas, con una acumulación máxima de Cd en el P4 de 3,5 mg/kg y una concentración mínima de 2,5 mg/kg en el P3. Estos resultados demuestran que existe contaminación por Cd en el suelo, lo que pone en peligro el bienestar humano de la localidad y modifica las características fisicoquímicas del suelo.

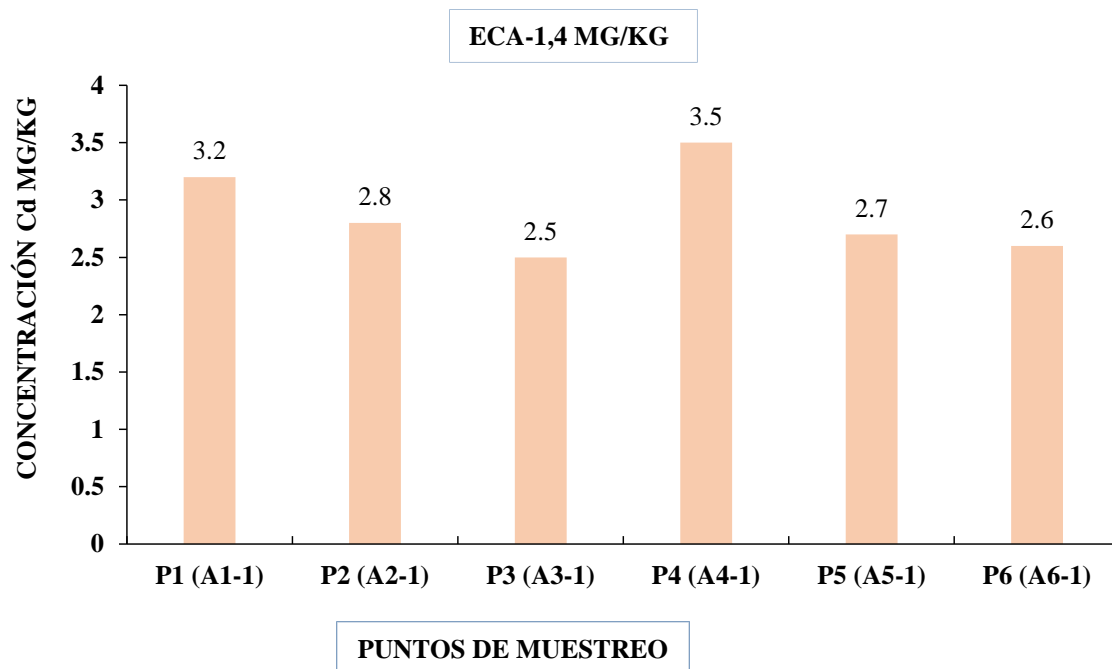
La variación de Cd en el P4 se debe a la mayor colocación de desechos resistentes en esa zona, puesto que a mayor acumulación de restos resistentes la generación de lixiviados compuesto por metales pesados será considerable, mientras que en el P3 la variación de Cd es menor debido a la poca presencia de lixiviados presentes en el punto muestreado.

El componente orgánico del suelo tiene una notable capacidad de absorción de cadmio (Cd). Tanto las rocas como el suelo contienen cadmio en diferentes proporciones, generalmente en cantidades menores, aunque ocasionalmente en cantidades más altas. La existencia de cadmio en la superficie puede simbolizar una amenaza significativa, dado su potencial impacto adverso en el entorno y la vitalidad del ser humano.

El cadmio (Cd) producido por actividades antropogénicas es mucho más abundante que el que se libera de forma natural. Los residuos agrícolas sólidos producen cantidades considerables de componentes metálicos contaminantes, como el cadmio (Cd), que es extremadamente peligroso y persistente, que son asimilados por las plantas y los mamíferos.

Figura 4

Los rangos de acumulación de cadmio (Cd) en el suelo del botadero



Nota. La imagen muestra el comportamiento del cadmio (Cd) en relación a los diferentes espacios de muestreo del tiradero del consejo de desechos resistentes de la ciudad de Chota.

4.2. Contrastación de hipótesis

La hipótesis del presente estudio fue: “El nivel de contaminación por elementos metálicos en la superficie del vertedero de restos resistentes municipales de la ciudad de Chota es superior a las ECA para suelo agrícola”, implica diferentes afirmaciones sobre la variable de estudio, acumulación de componentes metálicos en el territorio, comparación de los metales pesados con los ECA del MINAM y afectación de los ecosistemas por metales.

Los resultados demuestran que en el CP Pingobamba alto, existe infección de la superficie del botadero por elementos metálicos, debido a que en el caso del cadmio supera los ECA para superficies agrarias en todos los espacios de muestreo, lo que corroboraría nuestra hipótesis y nos conduce a aceptar el planteamiento; puesto que los metales pesados en elevadas acumulaciones son nocivos para el suelo y la salud humana.

4.3. Discusión de resultados

Este estudio se realizó en la localidad de Pingobamba alto, donde la colocación final de los desechos se efectúa en un botadero al aire libre sin ningún método de sanidad, lo que trae como consecuencia el contagio de la superficie, el agua y el medio ambiente, como menciona Chávez (2023) afirma que los tiraderos a la intemperie son la fuente de complicaciones del medio, que afecta directamente al suelo y la salud humana, por lo que las autoridades deben manejar adecuadamente los residuos sólidos y proteger el buen estado de vida de los pobladores que viven cerca al botadero.

La investigación descubrió diversos tipos de residuos en todos los lugares donde se recogieron muestras de suelo, incluyendo plásticos, baterías, residuos de PVC, cemento y tintas, entre otros. Según Ortiz (2022) donde se determinó que los vertederos generan contaminación del suelo por metales pesados y está vinculado principalmente a diversas actividades humanas, la eliminación de residuos sólidos en vertederos produce metales que pueden ser retenidos en el suelo durante mucho tiempo, transfiriéndose a los microorganismos y la flora, lo que supone un riesgo excesivo para el bienestar humano.

La acumulación de diferentes tipos de residuos sólidos en botaderos genera gran cantidad de lixiviados compuestos por sustancias altamente tóxicas afectando a los suelos, haciéndoles menos productivos, por lo que nuestras autoridades deben urgente implementar algunas medidas de solución, para no seguir contaminando el suelo y afectando a la salud humana (Pacompiá, 2023).

4.3.1 *Concentración de plomo en el suelo del botadero*

Se registró 14,7 mg/kg de Pb en el punto P5 y una concentración más baja de 2,6 mg/kg encontrados en el punto P1, lo que demuestra que la acumulación de Pb en esta zona de muestreo es por la presencia de lixiviados, que se producen a partir la degradación del material vivo de los desechos sólidos, la cual evidencia que los valores de Pb están dentro de los valores normales de los ECA para superficies agrarias. Asimismo, Quispe y Silvestre (2019) para determinar el rango de afectación de los componentes metálicos en la superficie del vertedero de Pampachacra, mencionan que el rango de acumulación de Pb, no sobrepasan las cantidades

establecidas por el ECA para superficies agrarias en 8,80 mg/kg como tope mínimo y 31,43 mg/Kg como tope máximo en temporadas áridas y 28,95 mg/kg como máximo y 3,7 mg/Kg como mínimo en los periodos nublados.

4.3.2 Concentración de arsénico en el suelo del botadero

Se registró 3,4 mg/kg de acumulación máxima de arsénico en el P4 y una acumulación mínima de 2,4 mg/kg mostrados en el punto P3, lo que propone que la presencia de este metal no representa contaminación para el suelo.

De igual manera, Torres (2018) determinó las acumulaciones de metales pesados como As existentes en el suelo, se registró que el grado de contaminación de As no sobrepasa los ECA para superficies agrarias en 31 mg/kg en el punto P2, seguido por el punto P3 con una acumulación de 24 mg/kg y la mínima acumulación es 10 mg/kg, por lo que no evidencia contaminación del suelo por metales, puesto que las concentraciones no sobrepasan los límites establecidos por los ECA para superficies agrarias. Asimismo, Torres (2018) afirma que para el caso del arsénico diferentes agentes terrestres perjudican su disposición, a las especies e individuos: indicadores químicos (pH, Eh, existencia de óxidos de Fe, fósforo, material descompuesto), físicos (compactación, porosidad), del entorno (tiempo, topografía) y biológicos (intercambios en las especies). Todos estos componentes condicionan la movilidad y la dificultad del ciclo biogeoquímico del As en la superficie.

4.3.3 Acumulación de cadmio en el suelo del botadero

Se registró 3,5 mg/kg de cadmio en el punto P4 y una concentración más baja de 2,5 mg/kg encontrados en el punto P3, que se encuentra en la zona del margen derecho del vertedero, lo que demuestra que la acumulación de cadmio es debido a la transformación de la roca caliza y se incrementa con la desintegración de los restos vivos y la corrosión de materiales metálicos colocados en el sitio del botadero.

De igual manera, Rosario (2020) determinó que el nivel de concentración de Cd, sobrepasan las normativas del ECA para superficies agrarias en 15,36 mg/kg encontrado en el punto 2 parte baja del botadero.

Rosario (2020) indica que existe contaminación de la superficie por Cd, que altera la fertilidad del suelo y afecta el bienestar humano de los pobladores, dado que los valores obtenidos son elevados. Para eliminar este metal del suelo, se debe implementar un plan de liberación de áreas degradadas para que auto depuren los suelos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se estableció que las concentraciones de plomo (Pb), arsénico (As) en el vertedero municipal de Chota, no sobrepasan los ECA para superficies y en el caso del Cd, superaba el ECA específico para suelos agrícolas.

Las acumulaciones más elevadas de plomo (Pb) se registraron en el punto P5, alcanzando un máximo de 14,7 mg/kg, mientras que las más bajas se observaron en el punto P1, con un mínimo de 2,6 mg/kg. En el caso del arsénico (As), las concentraciones máximas se detectaron en el punto P4, llegando a 3,4 mg/kg, y las mínimas en el punto P3, con 2,4 mg/kg. Por lo tanto, estas concentraciones no excedieron los ECA para superficies, lo que propone que la presencia de estos metales no representa contaminación para el suelo.

Sin embargo, la acumulación de cadmio (Cd) en el suelo superó los ECA para superficies agrarias, con un valor máximo de 3,5 mg/kg en el punto P4 y un mínimo de 2,5 mg/kg en el punto P3, indicando contaminación del suelo por cadmio. Esta situación plantea un problema medioambiental para el suelo, la vegetación y la salud humana.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Chota, realizar monitoreos de forma permanente sobre las pozas de colocación final de restos resistentes, de modo que se evite el desborde e infiltración de los lixiviados en el suelo, la cual se tendrá un registro para una posterior reparación de suelos.

Se debe implementar una infraestructura de sanidad de desechos resistentes para su reutilización y revalorización, además de garantizar su disposición segura en un relleno sanitario adecuado, que permita el control de los lixiviados que contienen metales pesados.

Es necesario emplear algunas técnicas de fitorremediación para tratar los metales pesados en la zona, haciendo uso de algunas plantas fitorremediadoras, como el repollo, eucalipto, alfalfa, trébol entre otras especies.

Es esencial separar los desechos peligrosos en instituciones como centros de salud, hospitales, clínicas, farmacias y licorerías, otorgándoles un tratamiento especial debido al riesgo que representan para el personal que manipula y clasifica estos desechos antes de su disposición en el vertedero municipal de Chota.

Además, es necesario implementar acciones como estrategias, capacitaciones, debates e iniciativas de concientización ambiental para prevenir y reducir las posibles amenazas al bienestar humano de la comunidad y del entorno derivados de la formación de lixiviados que contienen metales pesados en los vertederos al aire libre.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, R., Valiente, Y., Oliver, D., Franco, C., Díaz, F., Méndez, F., & Luna, C. (2018). Inadecuado uso de residuos sólidos y su impacto en la contaminación ambiental. *Sciendo*, 21(4), 11-16.

<https://doi.org/10.17268/sciendo.2018.044>

Asenat, Q. A., & Silvestre Soto, N. (2019). *Nivel de concentración de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental, en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra departamento Huancavelica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica].

<https://repositorio.unh.edu.pe/500>

Araínga, W. R. (2012). *Guía de Investigación Científica*. Asociación Civil Universidad de Ciencias y Humanidades, Fondo Editorial.

https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/23/rodriguez_arainaga_wala_onso_guia_investigacion_cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ávila, D. F., & Ponguta, D. V. (2021). *Evaluación del potencial de Brachiaria decumbens y Panicum maximum como especies vegetales promisorias para el proceso de fitorremediación en asocio con enmienda orgánica, de suelos contaminados por metales pesados: Plomo (Pb), cromo (Cr) y cadmio (Cd)* [Caso estudio finca Candamí, municipio de Nimaima, Cundinamarca].

<https://hdl.handle.net/20.500.12495/7271>

Ayala, O. R., & Almanza, M. V. (2021). Almacenamiento de carbono orgánico en suelos agrícolas de la zona potosino en diferentes tipos de uso. *Revista de investigación e innovación agropecuaria y de recursos naturales*, 8(2), 7-19.

<https://doi.org/10.53287/pokx3560jc91k>

- Balcázar, I. R. R., Rodríguez, A. C. G., Ocaña, J. A. G., & Ocaña, G. L. (2020). Efectos de contaminantes en suelo por un vertedero a cielo abierto en tabasco. *Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability*, 4(1), 23-28. <https://doi.org/10.19136/jeeos.a4n1.3473>
- Barrantes, N. F. (2021). *Remoción de parámetros fisicoquímicos de lixiviado del botadero controlado “La Pushura”, mediante proceso de oxidación avanzada, Jaén, Cajamarca* [Universidad Nacional de Jaén]. <http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/handle/UNJ/183>
- Barreto, R., & Colque, W. D. (2021). *Evaluación de la concentración de cromo VI, cadmio y plomo presentes en suelos agrícolas a causa del lixiviado proveniente del botadero municipal de la provincia de Espinar-Cusco 2021* [Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11361>
- Breña, C. D. L., & Jesús, J. (2022). *Variación de propiedades fisicoquímicas del suelo por disposición de residuos sólidos municipales en el vertedero del distrito de Ascensión-Huancavelica* [Repositorio-Institucional-UCV]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92522>
- Burga, M. L. (2021). Diagnóstico y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Trujillo – Perú, 2019-2020. *Revista ciencia y tecnología*, 17(3) 35-44. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/3834>
- Carrasco, L. J. A., Pariente, E., & Pino, M. E. M. (2021). Metodología de muestreo de suelos con fines de análisis químico para la detección de metales pesados. *Revista de investigación de agroproducción sustentable*, 5(2), 60-72. <https://doi.org/10.25127/aps.20212.772>
- Castillo, X., Etchevers, J. D., Hidalgo, C. M. I., & Aguirre, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: Generación e interpretación de indicadores. *Terra latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>

Cerón, M. G. C., & Cruz, M. R. S. (2020). *Evaluación de la concentración de metales pesados: cadmio, níquel, plomo y zinc, en zonas aledañas al relleno sanitario del municipio de Texistepeque, Santa Ana, el Salvador 2020* [Universidad del Salvador].

<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22299>

Chávez, F. E. (2023). *Nivel de riesgo ambiental generado por los lixiviados en el botadero de residuos sólidos de la ciudad de Chota* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].

<https://repositorio.unach.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e4d7b31e-fc2a-49ab-86d0-0fcd0daf4a6c/content>

Cevallos, G., Eduardo, O., Guerron, I. B., & Roberto, D. (2018). *Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magíster en: sistema de gestión ambiental.*

<https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/22642>

Chakraborty, B., Roy, S., Vera, B., Adhikary, P. P., Sengupta, D., & Shit, P. K. (2022). Assessment of Ecological and Human Health Risk of Soil Heavy Metals Pollution: Study from Chotanagpur Plateau Region, India. En P. K. Shit, P. P. Adhikary, G. S. Bhunia, & D. Sengupta (Eds). *Soil Health and Environmental Sustainability: Application of Geospatial Technology* (pp. 673-695). *Springer International Publishing.*

<https://doi.org/10.1007/978-3-031-09270-1-30>

Chicana, D. A., & López, E. J. (2021). *Revisión sistemática de los impactos de la contaminación de aguas subterráneas producidas por lixiviados de vertederos municipales* [Universidad Privada Cesar Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/77281>

Correa, O., Fuentes, F. E., Coral, R. G. (2021). Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray-Perú. *Revista de la sociedad química del Perú*, 87(1), 26-38.

<https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.320>

Cruz, C., & Eloy, E. (2023). *Niveles de concentración de metales pesados de plomo (Pb) y arsénico (As) en suelos del botadero de Mollebamba, Acobamba - Huancavelica* [Universidad Nacional de Huancavelica].

<https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/6159>

Cruz, E., Saez, W., Sumarriva, L. A., Chávez, N. L., & Yaulilahua, R. (2023). *Concentración de metales pesados plomo y arsénico en el botadero de Mollebamba, Huancavelica. Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 7(19), 64-71 <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.198>

Díaz, F. B. W. (2019). *Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo* [Universidad César Vallejo, Tarapoto, Perú].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31560/D%c3%adaz_FBW.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fernandez, B. H., Mullisaca, E., Huanchi, L. E., (2022). Nivel de contaminación del suelo con arsénico y metales pesados en Tiquillaca (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(2), 131-138.

<https://doi.org/10.18271/ria.2022.416>

Guevara, G. V. (2019). *Cuantificación de metales pesados de muestras de lixiviado provenientes de residuos sólidos urbanos del relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa* [Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos].

<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/29838>

Hernández, A., Llanes, V., Terry, E., & Carnero, G. (2020). Cambios de ph en suelos pardos de Cuba cuando se erosionan. *Revista de cultivos tropicales*, 41(2), 12-18.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S025859362020000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=pt

Hernández-Sampieri, D. R. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (primera). *Mcgraw-hill interamericana editores, s.a.*

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodología-de-la-investigación-Rutas-cuantitativa-cualitativa-y-mixta libre.pdf?1601784484=&responsecontent disposition=inline%3B+filename%3](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodología-de-la-investigación-Rutas-cuantitativa-cualitativa-y-mixta-libre.pdf?1601784484=&responsecontent disposition=inline%3B+filename%3)

Huamaní, C., Tudela, J. W., & Huamaní, A. (2020). Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca-Puno-Perú. *Revista de investigaciones altoandinas*, 22(1), 106-115. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.541>

Ibáñez, W. X., Arcos, J. P., & Quezada, J. E. T. (2021). Residuos sólidos en la ciudad de Macas, Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 7(4), 20-32 Article 4. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i4.2207>

Izah, S. C., Aigberua, A. O., & Srivastav, A. L. (2022). Chapter-Factors influencing the alteration of microbial and heavy metal characteristics of river systems in the Niger Delta región of Nigeria. *Ecological Significance of River Ecosystems* (pg. 51-78). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85045-2.00005-4>

Lopez, M. E. L., & Morales, O. E. M. (2022). Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados: Una revisión. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 12(2), 60-74. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v12i2.15197>

López, M. (2018). *Impacto Ambiental Generado por el Botadero de Residuos Sólidos en el Caserío Rambran, Distrito de Chota 2017* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28163>

Mago, A. J., & Muro, S. D. (2022). *Malezas con potencial para la fitorremediación de suelo contaminado con plomo del botadero de residuos sólidos municipales de Reque, Lambayeque* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11213>

Mendoza, M. X. (2016). *Generación de residuos sólidos domiciliarios en el barrio 15 de marzo del cantón Esmeraldas y su incidencia en la calidad ambiental* [bachelorThesis, Calceta Espam].

<http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/292>

MINAM. (2022). Decreto Supremo que modifica el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM y el Reglamento de la Ley N° 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores, aprobado mediante Decreto Supremo N° 005-2010-MINAM - DECRETO SUPREMO - N° 001-2022-MINAM-AMBIENTE. <http://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2028907-1>

Ministerio del Ambiente. (2013). Decreto Supremo Nro. 002-2013-MINAM. *Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo, el peruano.*

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

Munive, R., Gamarra, G., Munive, Y., Puertas, F., Valdiviezo, L., Cabello, R. (2020). Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado, remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 177-186.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.04>

Ortega, A. T., Marín, D. F., & Castro, N. E. (2021). Problemas de la generación, disposición y tratamiento de los residuos sólidos en el municipio de Quibdó Colombia. *Producción, limpia*, 16(2), 179-196.

<https://doi.org/10.22507/pml.v16n2a9>

Ortiz, L. M. (2022). *Eficiencia del tratamiento de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca 2021* [Universidad Nacional de Cajamarca].

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5443>

Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. *Una revisión. Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18.

<https://doi.org/10.31908/19098367.0001>

- Pacompia, T. G. (2023). *Efecto por lixiviados del botadero municipal en el suelo por metales pesados distrito de Ilave-2023* [Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/620>
- Paredes, E. E. (2023). *Evaluación de la capacidad del palán palán (Nicotiana glauca G.) para fitoextraer metales pesados (plomo y cadmio) del suelo contaminado por residuos sólidos, Marabamba, Pichipampa, Huánuco, 2022* [Universidad de Huánuco]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/20.500.14257/4536>
- Quispe, J. C., Arce, R. R., Ulloa, N. J., Mamani, A., & Aguilar, S. L. (2021). *Effects of Environmental Pollution Generated by the Garbage Dump on the Population of Centro Pobladochilla, Juliaca-Peru*. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 2416-2433. <http://annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/1209>
- Ramirez, A. Q., González, Y. V., & Valencia, L. A. L. (2017). Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical. *Dyna*, 84(203), 100-12. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.63875>
- Ramos, C. R. (2023). *Efectos de la contaminación del botadero municipal de Chota en la macrofauna del suelo* [Tesis, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/384>
- Rosario, B. L. (2020). *Afectación del suelo por metales pesados: plomo, cadmio y cromo por la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero de Carhuashjirca, en el distrito y provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019* [Huaraz: Dirección del Repositorio Institucional - Octubre - 2020]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4621>
- Rodríguez, A., Zárate, S. G., Bastida, A., Rodríguez, A., Zárate, S. G., & Bastida, A. (2022). Biodiversidad bacteriana presente en suelos contaminados con hidrocarburos para realizar biorremediación. *Revista de ciencias ambientales*, 56(1), 178-208. <https://doi.org/10.15359/rca.56/1.9>
- Sancha, M. (2013). *Caracterización físico-química Y microbiológica de un proceso de tratamiento de vertedero* [Universidad de Oviedo]. <http://hdl.handle.net/10651/23352>

- Singh, M., Verma, M., & Kumar, R. N. (2018). Effects of open dumping of MSW on metal contamination of soil, plants, and earthworms in Ranchi, Jharkhand, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(3), 139-142.
<https://doi.org/10.1007/s10661-018-6492>
- Vargas, C. M., Gutiérrez, J. A., Vélez-Rivera, D. A., Gómez, M. A., Aguirre, D. A., Quintero, L. A., Franco, J. C. (2021). Gestión del manejo de residuos sólidos: Un problema ambiental en la universidad. *Pensamiento amp; Gestión*, 50, 117-152. <https://doi.org/10.14482/pege.50.628.445>
- Vega, Y. N. (2019). *Diagnóstico de las propiedades fisicoquímicas en suelos usados para la disposición de residuos sólidos urbanos en el lote camellón de las camelias en el municipio de San Martín, Meta* [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/18424>
- Yadav, P., & Samadder, S. R. (2018). Environmental impact assessment of municipal solid waste management options using life cycle assessment: A case study. *Environmental science and Pollution Research*, 25(1), 838-854.
<https://doi.org/10.1007/s11356-017-0439-7>
- Zhang, H. (2022). Causa y efectos de la acidez del suelo. *Servicio de extensión cooperativa de Oklahoma*. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/pss/pss-causa-y-efectos-de-la-acidez-del-suelo.pdf>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 01. Panel fotográfico del proceso de investigación.

Figura 5

Vista del botadero municipal de residuos sólidos del distrito Chota – Pingobamba alto



Figura 6

Inicio de levantamiento de puntos geográficos en el botadero municipal de residuos sólidos del distrito de Chota - Pingobamba alto



Figura 7

Apertura de calicata hasta 60 cm de profundidad para luego realizar el muestreo del suelo

**Figura 8**

Medición de la calicata para el muestreo de suelo de hasta 60 cm en el botadero municipal de Chota – Pingobamba alto



Figura 9

Muestreo de suelo para el análisis de los metales pesados en el botadero municipal de Chota – Pingobamba alto

**Figura 10**

Etiquetado de muestras en el botadero municipal del distrito de Chota – Pingobamba alto



Figura 11

Pesado de muestras en el botadero municipal del distrito de Chota Pingobamba alto



Anexo 02. Formatos de fichas de registro.**Figura 12***Ficha de registro de datos del laboratorio*

FECHA DE REGISTRO DE DATOS DEL LABORATORIO

Código: _____ - _____ Fecha: 14 de Julio del 2023.

Muestra: Suelo de botadero

Tesista: Alex Ronal Tirado Mejía

Responsable: Alex Ronal Tirado Mejía

Análisis

| Metales Pesados | Número de puntos de muestreo |
|-----------------|------------------------------|
| - Plomo | P-1 (A1-1) |
| - Arsénico | P-2 (A2-1) |
| - Cadmio | P-3(A3-1) |
| | P-4 (A4-1) |
| | P-5 (A5-1) |
| | P-6 (A6-1) |

Observaciones:

Firma:

Figura 13

Etiqueta de identificación para muestras


| | | | |
|---|--------------------------|---|--|
|  | | <p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS DEL INIA - CAJAMARCA</p> | |
| <p>ETIQUETA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO</p> | | | |
| Estación | 1 | | |
| Código de la muestra | P-2 (A1-1) | | |
| Profundidad de la muestra | 60 cm | | |
| Análisis solicitado | Metales Pesados | | |
| Fecha del muestreo | 15 de Julio del 2023 | | |
| Responsable | Alex Ronal Tirado Ovejía | | |
| UTM: 17M | N (m): 9278334 | Altitud: 2520 msnm. | |
| | E (m): 0758420 | | |

Figura 14

Ficha de registro de datos para muestreo de suelo según MINAM

FICHA DE MUESTREO DE SUELO EN EL BOTADERO MUNICIPAL

Datos generales:

| | | |
|--|----------------------------|---|
| Nombre del sitio en estudio: Pingobamba alto-Chota | | Departamento: Cajamarca |
| Razón social: Gra | | Provincia: Chota |
| Uso principal: Análisis de datos para tesis. | | Nombre del predio: Botadero municipal - Pingobamba alto. |
| DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO | | |
| Nombre de punto de muestreo: Botadero municipal área contaminada | | Operador: Testista |
| Coordenadas UTM, WG S84): | X: 927 8301. Y: 0158522 | Descripción de la superficie (asfalto, cemento y vegetación): Suelos con presencia de roca y poca vegetación. |
| Técnica de muestreo (sondeo manual/semi-mecánico/zanja): Zanja de 40 x 40 cm a 60 cm de prof. | | Instrumentos usados: Pala y bolsa ziploc. |
| Profundidad (en metros bajo superficie): 60 cm | | Napa freática: 60 cm |
| DATOS DE LA MUESTRA | | |
| Clave de la muestra: | | Pl. A-1-1. |
| Fecha: | | 15/07/2023 |
| Hora: | | 9:00 am |

Anexo 03. Resultado de análisis

| | |
|----------------------------------|---|
| Cliente | : ALEX RONAL TIRADO MEJIA |
| Propietario / Productor | : ALEX RONAL TIRADO MEJIA |
| Dirección del cliente | : COLPAMAYO - CHOTA |
| Solicitado por | : Cliente |
| Muestreado por | : Cliente |
| Número de muestra(s) | : 03 muestra |
| Producto declarado | : Suelo |
| Presentación de las muestras(s) | : Bolsas de plástico |
| Referencia del muestreo | : Reservado por el Cliente |
| Procedencia de muestra(s) | : COLPAMAYO / CHOTA / CHOTA / CAJAMARCA |
| Fecha(s) de muestreo | : 14/07/2023 |
| Fecha de recepción de muestra(s) | : 19/07/2023 |
| Lugar de ensayo | : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Baños del Inca |
| Fecha(s) de análisis | : 20/07/2023 |
| Cotización del servicio | : 243-23-BI |
| Fecha de emisión | : 16/08/2023 |

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|------|
| Código de Laboratorio | SU689-BI-23 | SU690-BI-23 | SU691-BI-23 | SU692-BI-23 | SU693-BI-23 | SU694-BI-23 | | |
| Matriz Analizada | Suelo | Suelo | Suelo | Suelo | Suelo | Suelo | | |
| Fecha de Muestreo | : 14/07/2023 | : 14/07/2023 | : 14/07/2023 | : 14/07/2023 | : 14/07/2023 | : 14/07/2023 | | |
| Hora de Inicio de Muestreo (h) | NI | NI | NI | NI | NI | NI | | |
| Condición de la muestra | Conservada | Conservada | Conservada | | | | | |
| Código/Identificación de la Muestra por el Cliente | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | | |
| Ensayo | Unidad | LC | | | | | | |
| Metales pesados (**) | | | | | | | | |
| Arsénico (As) | mg/kg | 0,05 | 3,2 | 2,7 | 2,4 | 3,4 | 2,8 | 2,6 |
| Cadmio (Cd) | mg/kg | 0,05 | 3,2 | 2,8 | 2,5 | 3,5 | 2,7 | 2,6 |
| Plomo (Pb) | mg/kg | 0,05 | 2,6 | 14,5 | 14,2 | 2,7 | 14,7 | 14,4 |

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA |
|-----------------|--------------------------------|
| Metales pesados | Metales MP-AES 4210 / EPA 3050 |

VI. CONSIDERACIONES

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: M. Sc. Marieta Cervantes Peralta – responsable del laboratorio del LABSAF Baños del Inca.
- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C
- (*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.
- (** El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- (** El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA,
- *) debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

_____FIN DE INFORME DE ENSAYO_____



Firmado digitalmente por:
 FLORIAN ALCANTARA
 Amarante Nicolas FAU 20131365994
 soft
 Motivo: Por encargo
 Fecha: 17/08/2023 09:37:38-0500

