UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE AGUAYTÍA, DISTRITO Y PROVINCIA DE PADRE ABAD, UCAYALI - 2023

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

ELVIS IVÁN, LEONARDO SHAHUANO

CARMEN ESTHER, ROJAS TORREJÓN

Pucallpa, Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 184/2024-CGyT-FCFyA-UNU

En la cuidad de Pucallpa a las 10:08 horas del día martes 30 de abril de 2024, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que fueron designados con Memo Múltiple N° 017-2024-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Ing.M.Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez	Presidente
Dra. Julissa Katy Bautista Valencia	Miembro
Ing.M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS DE LA CUIDAD DE AGUAYTÍA, DISTRITO Y PROVINCIA DE PADRE ABAD, UCAYALI – 2023"**, presentado por los bachilleres **ELVIS IVAN LEONARDO SHAHUANO** y **CARMEN ESTHER ROJAS TORREJON**, asesorado por el **Dr. Edgar Juan Diaz Zúñiga**, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por los sustentantes, en consecuencia la tesis fue **APROBADA POR UNANIMIDAD**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 11:08 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Ing.M.Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez
Presidente

Dra. Julissa Katy Bautista Valencia
Miembro

Ing.M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por los miembros del Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Ing.M.Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez
Presidente

Dra. Julissa Katy Bautista Valencia
Miembro

Ing.M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio
Miembro

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga
Asesor

Bach. Elvis Iván Leonardo Shahuano
Tesista

Bach. Carmen Esther Rojas Torrejón
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0056-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE AGUAYTÍA, DISTRITO Y PROVINCIA DE PADRE ABAD, UCAYALI - 2023**"

Autor(es)	:	**LEONARDO SHAHUANO, ELVIS IVÁN**
		ROJAS TORREJÓN, CARMEN ESTHER
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**Dr. DIAZ ZÚÑIGA, EDGAR JUAN**

Presenta un **porcentaje de similitud de 6%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 9/02/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, ELVIS IVAN LEONARDO SHAHUANO

Autor de la tesis titulada : EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE AGUAYTÍA, DISTRITO Y PROVINCIA DE PADRE ABAD, UCAYALI - 2023

Sustentada el año: 2024

Asesor(a): DR. EDGAR JUAN DIAZ ZUÑIGA

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 21/05/24

Email: elvisleonardo.s94@gmail.com Firma:

Teléfono: 970 843 724 DNI: 76723219

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, CARMEN ESTHER ROJAS TORREJÓN

Autor de la tesis titulada : EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE AGUAYTÍA, DISTRITO Y PROVINCIA DE PADRE ABAD, UCAYALI - 2023

Sustentada el año: 2024

Asesor(a): DR. EDGAR JUAN DIAZ ZUÑIGA

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 21 / 05 / 24

Email: carmenrojastorrejon@gmail.com Firma:

Teléfono: 941906380 DNI: 47548178

DEDICATORIA

A Dios, por darme una vida con propósito, y acompañarme en cada peldaño del camino; a mis padres, Vicente Leonardo y Laura Shahuano y a mis hermanos, que con sus oraciones, fe, apoyo, consejos, paciencia y amor incondicional son mi motivo e inspiración de superación y esfuerzo ante la adversidad, para convertirme en un profesional competente e íntegro.

Elvis Leonardo

Dedico con todo mi corazón a Dios, por la vida y salud, a mis padres Carlos Rojas y Nervith Torrejón que han sabido formarme con valores y creer en mí, a mi hijo Enzo Jaziel mi mayor motivación para nunca rendirme y ser un ejemplo para él, a mis hermanas por sus consejos y estar presentes en las buenas y malas

Carmen Rojas

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecemos a Dios, nuestro creador por darlos las fuerzas, valentía y recursos para culminar nuestra tesis.

Así mismo, a nuestros formadores académicos de nuestra alma mater la Universidad Nacional de Ucayali, a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales y, a los catedráticos por los conocimientos brindados en todo el tiempo de nuestra formación.

Al Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga, Asesor de la tesis por brindarnos su apoyo constante y conocimientos y por sus exigencias para la culminación de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA. vii

AGRADECIMIENTO. viii

RESUMEN xvi

ABSTRACT xvii

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I 3

PROBLEMA DE INVESTIGACION 3

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 4

1.2.1. Problema general: 4

1.2.2. Problemas específicos: 5

1.3. OBJETIVO 5

1.3.1. objetivo general 5

1.3.2. objetivos específicos 5

1.4. HIPÓTESIS 6

1.4.1. Hipótesis general 6

1.4.2. Hipótesis especificas 6

1.5. VARIABLES 6

1.5.1. Variable independiente 6

1.5.2. Variable dependiente 6

CAPITULO II 7

BASES TEÓRICAS.....7

2.1. Antecedentes. 7

2.1.1. Internacionales. 7

2.1.2. Nacionales 9

2.1.3 Locales. 13

2.2. Marco teórico 14

2.2.1. Suelo 14

2.2.2. Composición del suelo 16

2.2.2.1. Fase sólida 16

2.2.2.2. Fase liquida 16

2.2.2.3. Fase gaseosa 18

2.2.3. Características del suelo 18

2.2.3.1. Textura 18

2.2.3.2. Estructura 19

2.2.3.3. Densidad y porosidad 20

2.2.3.4. pH 21

2.2.4. Contaminación del suelo 22

2.2.4.1. Contaminación local 23

2.2.4.2. Contaminación difusa 24

2.2.4.3. Fuentes de contaminación y contaminantes Causas de la contaminación del suelo. 25

2.2.4.4. Principales causas de la contaminación 26

2.2.4.5. Funciones importantes del suelo 26

2.2.4.6. Pérdida de nutrientes del suelo por lixiviados 26

2.2.5. Calidad del suelo 27

2.2.5.1. Muestreo de suelos 27

2.2.6. Los residuos sólidos y su impacto en el ambiente 28

2.2.7. Contaminación por Lixiviados 30

2.3. Definiciones de términos básicos 35

CAPITULO III 39

METODOLOGÍA 39

3.1. Lugar de ejecución. 39

3.2. Tipo y nivel de investigación 40

3.3. Población y muestra 41

3.4. Procedimientos de recolección de datos 42

3.4.1. Identificación de Puntos de muestreo 42

3.4.2. Toma de muestra de los suelos afectados por lixiviados 43

3.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos 44

3.5.1. Análisis fisicoquímicos de las muestras 44

3.5.2. Análisis de la textura 44

3.5.3. Análisis de la densidad real 46

3.5.4. Análisis de metales pesados. 46

3.6. Instrumentos para la recolección de datos 47

3.7. Recursos materiales, equipos y servicios 48

3.8. Procesamiento para recolección de datos. 49

3.9. Tratamiento de datos 49

CAPITULO IV 50

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 50

4.1. RESULTADOS 50

4.1.1. Análisis fisicoquímico 50

4.1.2. Análisis de metales pesados 55

4.2. DISCUSIONES 58

4.2.1. pH 58

4.2.2. Conductividad eléctrica 59

4.2.3. Textura del suelo 59

4.2.4. Humedad 60

4.2.5. Densidad de partículas 60

4.2.6. Plomo 61

4.2.7. Cadmio 63

4.2.8. Cromo 64

CAPITULO V 66

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 66

5.1. Conclusiones 66

5.2. Recomendaciones 67

REFERENCIAS.....68

ANEXOS 78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de los lixiviados de vertederos nuevos y maduros. 32

Tabla 2. Estándar de calidad ambiental para suelo 34

Tabla 3. Identificación de puntos de muestreo.....42

Tabla 4. Características fisicoquímicas del suelo 50

Tabla 5. Promedio de pH de las muestras.....51

Tabla 6. Promedio de conductividad eléctrica.....52

Tabla 7. Clase textural del suelo en base a las muestras 53

Tabla 8. Promedio de análisis de Humedad 54

Tabla 9. Promedio de análisis de Densidad Real o Densidad de Partícula.....54

Tabla 10. Concentración de metales pesados en el suelo.....55

Tabla 11. Promedio de análisis de Plomo.....56

Tabla 12. Promedio de análisis de Cadmio 56

Tabla 13. Promedio de análisis de cromo.....57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sitio de disposición final de residuos solidos.....39

Figura 2. Ruta de acceso al sitio de disposición final de residuos solidos.....40

Figura 3. Dimensiones de calicatas 43

Figura 4. Puntos de muestreo.....44

Figura 5. Triangulo de clases texturales de suelo de la FAO 45

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el distrito de Padre Abad, provincia del mismo nombre en la región Ucayali, el cual tuvo como objetivo evaluar el grado de contaminación del suelo por lixiviados que se genera por la disposición final de residuos sólidos en el botadero de la ciudad de Aguaytía. Se tomó cuatro puntos de muestreo del botadero a cielo abierto de acuerdo a la guía para Muestreo de Suelo 2014. Se determinaron parámetros fisicoquímicos que fueron pH, conductividad eléctrica, textura de suelo, humedad, densidad real y tres metales pesados las cuales fueron cadmio, cromo y plomo. Las muestras fueron trasladadas con línea de custodia respectiva hacia los laboratorios de suelo de la Universidad Nacional Agraria de la selva de Tingo María, para los respectivos análisis. La investigación fue básica, descriptiva y cuantitativa. Los resultados de los análisis de datos fueron: pH 8.44, conductividad eléctrica 121.72 µs/cm, humedad 25.35 %, densidad 2.28 g/ml y la textura del suelo se determinó en franco arcillo arenoso; así mismo la concentración de metales: plomo 17.24 ppm, cromo 0.0222 ppm y cadmio 0.0220 ppm. Se concluye esta investigación afirmando que existen concentraciones de metales pesados en el sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía, pero que se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental para suelo, por lo que el área en estudio no se encuentra contaminado con dichos metales pesados.

Palabras clave: Contaminación por Lixiviados, Metales Pesados, Sitio de disposición final.

ABSTRACT

The research work was carried out in the district of Padre Abad, province of the same name in the Ucayali region, which had the objective of evaluating the degree of soil contamination by leachate generated by the final disposal of solid waste in the landfill of the city of Aguaytía. Four sampling points were taken from the open-air dump according to the guide for Soil Sampling 2014. Physicochemical parameters were determined, which were pH, electrical conductivity, soil texture, humidity, real density and three heavy metals which were cadmium, chromium and lead. The samples were transferred with the respective custody line to the soil laboratories of the National Agrarian University of the Tingo María jungle, for the respective analyses. The research was basic, descriptive and quantitative. The results of the data analyzes were: pH 8.44, electrical conductivity 121.72 µs/cm, humidity 25.35%, density 2.28 g/ml and the soil texture was determined as sandy clay loam; likewise the concentration of metals: lead 17.24 ppm, chromium 0.0222 ppm and cadmium 0.0220 ppm. This research is concluded by stating that there are concentrations of heavy metals in the final solid waste disposal site of the city of Aguaytía, but that they are below the environmental quality standards for soil, so the area under study is not is contaminated with these heavy metals.

Keywords: Leachate Contamination, Heavy Metals, final disposal site.

INTRODUCCIÓN

El creciente volumen de residuos sólidos y su inadecuado manejo tienen consecuencias ambientales y de salud que inciden directamente en el bienestar de la población. Esto significa que los centros urbanos que producen mayores cantidades de residuos no sólo tienen mayores dificultades para eliminarlos adecuadamente, sino que también suponen un mayor riesgo para los ciudadanos. Misterio de economía y finanzas (2017).

El manejo inadecuado de los residuos sólidos a nivel mundial es un gran problema para la sociedad, puesto que genera contaminación cuando se acumula o se disponen inadecuadamente sin tener los criterios adecuados que estos requieren para ser depositados, teniendo en cuenta especialmente el suelo quien es el principal afectado, las cuales son los únicos donde se puede depositar los residuos sólidos de los botaderos, así mismo la descomposición de la materia orgánica originan lixiviados, estos perjudicando a los suelos continuos del lugar, debido a que estos suelos son los únicos cuerpos receptores, de tal forma alterando la composición normal de estos, ello se traduce a contaminación del suelo. Valdés, (2019).

MINAM (2021). En el Perú la gestión adecuada de los residuos sólidos municipales es uno de los principales y mayores problemas que afecta a los componentes ambientales. Este problema en el campo se ha agudizado ya que el sobreconsumo está cada vez más arraigado en nuestra cultura y también hay una falta de conciencia y cultura ambiental ya que es costumbre en nuestra sociedad consumir y tirar; “En nuestro país se generan alrededor de 23.000 toneladas diarias de residuos, de los cuales solo el 15% son reciclables, así

mismo existen 12 rellenos sanitarios autorizados, haciendo de que el 90 % de residuos sólidos terminen en los 1250 botaderos a cielo abierto ilegales que existen en los diferentes departamento del Perú.

En este contexto la ciudad de Aguaytía no se encuentra ajeno a esta problemática, ya que la disposición de residuos se realiza en botadero Municipal a cielo abierto, estos residuos sólidos son generados por la población y comercios, la cual tienen como disposición final a un botadero municipal que no cuenta con las condiciones necesarias que permita minimizar la contaminación ambiental, tal como se encuentra escrito en el “Decreto Legislativo N° 1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos”.

La problemática radica en la posible contaminación que se está originando en el suelo ubicado en el área de influencia directa del botadero municipal, es por ello que mediante el presente proyecto se pretende evaluar el nivel de contaminación del suelo.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cambios en el suelo provocados por las filtraciones de lixiviados representan uno de los mayores y más preocupantes problemas sociales y ambientales que enfrenta el medio ambiente. Por lo tanto, para satisfacer sus necesidades, el ser humano genera cada día residuos sólidos que, sin un tratamiento adecuado, esparcen contaminantes al suelo de forma descontrolada. Asimismo, los seres humanos se centran más en satisfacer sus propias necesidades que en proteger el medio ambiente. La atmósfera. Las personas que no prestan atención y respetan el medio ambiente arrojan sus desechos sólidos en lugares inadecuados y no toman en cuenta el impacto negativo que tienen sobre el suelo, cualquiera que sea la forma que adopten. Rodríguez et al (2019).

La disposición final de los residuos sólidos en la ciudad de Aguaytía se realiza en el botadero municipal y actualmente la acumulación de residuos sólidos en este lugar es cada vez mayor sumándose a esto la inadecuada disposición de los mismos al depositar los residuos sólidos sin ningún criterio técnico y sin tratamiento previo.

Según Hualpa (2019). La desventaja de los vertederos de residuos municipales es que están situados muy cerca de terrenos agrícolas, lo que inevitablemente conduce a la degradación del suelo, es decir, a una posible alteración de sus componentes bajo la influencia de residuos peligrosos, factores microbiológicos, etc., como lixiviados de sólidos. Los residuos llegan

desde diferentes zonas dañando el suelo, provocando una posible contaminación y poniendo así en peligro la salud no sólo de las personas que viven en la zona afectada por este vertedero, sino también de toda la población a través de la comercialización de productos y animales provenientes del Vertedero. del uso de estas áreas para todos los cultivos, ganadería y otros.

Los residuos sólidos generados por los habitantes de la ciudad de Aguaytía, la poca sensibilidad ambiental sobre el tema, la falta de manejo y la inadecuada disposición final de los residuos sólidos, hace de esto un problema que se debe abordar.

El impacto ambiental producido por los residuos sólidos de este botadero municipal se manifiesta con la posible contaminación del suelo, deterioro del paisaje, proliferación de vectores de enfermedades, olores desagradables, disminución de la fauna, entre otros.

En este contexto la presente investigación pretende realizar la evaluación del nivel de contaminación del suelo afectado por lixiviados del botadero municipal de Aguaytía y conocer la situación actual del suelo sobre el sitio de disposición final.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general:

- ¿Existe contaminación del suelo por lixiviados en el sitio de disposición final de la ciudad de Aguaytía– 2023?

1.2.2. Problemas específicos:

- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, textura de suelo, humedad, densidad de partícula) en el suelo afectados por lixiviados del sitio de disposición final de la ciudad de Aguaytía?

- ¿Existe altos niveles de concentración de metales pesados (Plomo, Cromo VI y Cadmio) en suelos afectados por lixiviados del sitio de disposición final de la ciudad de Aguaytía– 2023?

- ¿Los niveles de concentración de los metales pesados evaluados estarán dentro de los valores permitidos en los Estándares de Calidad Ambiental para suelo - ECA?

1.3. OBJETIVO

1.3.1. objetivo general

- Evaluar la contaminación del suelo por lixiviados del sitio de disposición final de residuos sólidos de la cuidad de Aguaytía, distrito y provincia de Padre Abad, Ucayali.

1.3.2. objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, textura de suelo, humedad, densidad de partícula) en el suelo afectado por lixiviados del sitio de disposición final de residuos sólidos de la cuidad de Aguaytía, distrito y provincia de Padre Abad, Ucayali.

- Determinar los niveles de concentración de metales pesados (Plomo,

Cromo VI y Cadmio) en el suelo afectados por lixiviados del sitio de disposición final de residuos sólidos de la cuidad de Aguaytía.

- Comparar los niveles de concentración de metales pesados si estarán dentro de los valores permitidos en los estándares de calidad ambiental para suelo – ECA.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

- Los lixiviados generan contaminación en el suelo del sitio de disposición final de la cuidad de Aguaytía.

1.4.2. Hipótesis especificas

- Los parámetros físico químicos del suelo se alteran por lixiviados del sitio de disposición final.

- La concentración de metales pesados es elevada por los lixiviados del sitio de disposición final de la cuidad de Aguaytía.

- La concentración de metales evaluados supera los valores permitidos de los estándares de calidad ambiental para suelo – ECA

1.5. VARIABLES

1.5.1. Variable independiente

- lixiviados

1.5.2. Variable dependiente

- Contaminación del suelo

CAPITULO II

BASES TEÓRICAS

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Internacionales.

Balcázar, I., Gómez, A., García, J., & López, G. (2020). En su investigación denominada “Efectos de contaminantes en el suelo con un vertedero a cielo abierto en Tabasco”. Donde realizaron sondeos de la profundidad de residuos (3,5m) e instalaron pozos de monitoreo de muestras de 06 suelos y procedieron a caracterizar las muestras donde determinaron los componentes elementales de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) como azufre, carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y metales pesados plomo (Pb), cromo (Cr), Niquel (Ni), Cadmio (Cd). El vertedero fue de una extensión de 122, 500 m^2, donde existe mayor presencia de materia orgánica con el 47.9%, concluyeron que los niveles de concentración de contaminantes básicos y peligrosos en el suelo es crítica en los metales pesados como Cr (5 a 10 ppm), Ni (92.2 ppm), Cd (2.2 a 3.2 ppm), Pb (100 a 200 ppm) estos rebasan los limites permisibles establecidos por la normativa técnica mexicana.

Carrillo, M., & Solórzano, M. (2020). En la investigación denominada “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”. Evaluaron los niveles de concentración de los metales pesados: Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc en matrices de agua superficial, agua subterránea y suelo, para conocer el estado de los recursos que se encuentran alrededor, utilizaron el método de técnica de espectrometría de absorción

atómica y con horno de grafito en diecinueve (19) muestras. Los resultados obtenidos fueron Níquel=0.05 mg/kg a 4.7992 mg/kg, siendo el límite máximo permisible según la Norma 1,600 mg/kg, Plomo oscila entre 7.3590 mg/kg a 15.0368 mg/kg con un máximo permisible de 400mg/kg, Cadmio: 2.3616 a 3.4651 mg/kg siendo el máximo permisible de 37 mg/kg. Concluyendo que los resultados obtenidos se encuentran bajo los limites permisible.

Márquez, L. (2018). En su investigación denominado, Evaluación de la Contaminación de suelos agrícolas por Lixiviados de un botadero municipal en la parte central de México. Los lixiviados contaminan áreas contiguas al sitio de disposición final como principalmente el suelo y los vegetales adyacentes. Así mismo presenta valores en pH altos en alcalinidad con un promedio de 8.76 a 8.64.

Romero, M. (2017). En su averiguación, de la contaminación por plomo en suelos de una planta de reciclaje de baterías cerrada en Freire, IX región. Evaluó 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 mediciones de plomo en el lugar de la investigación superaban ampliamente los niveles basales y la normativa de referencia elegida (400 [mg/Kg] EPA), ya que el promedio de plomo encontrado fue de 47 435.06 mg/Kg.

Marcano, K., & Delvasto, P. (2016). En su investigación titulada “Contaminación del suelo por metales pesados por presencia de pilas usadas en la ciudad de Caracas”, cuyo objetivo fue determinar la concentración de metales pesados en suelos en contacto con pilas alcalinas (Ni-Cd y Ni-MH)

usadas. Para ello se utilizaron columnas de percolación en las que se colocaron suelo natural y muestras de pilas abiertas y cerradas, las columnas se irrigaron con agua destilada durante 20 semanas. Después de este tiempo, se recolectaron muestras de suelo de las columnas con una profundidad (cm): 0–6; 6-12; 12-18; 18-24, y su contenido total de metales pesados se analizó mediante espectroscopia de absorción atómica utilizando el método de extracción secuencial. A una profundidad de 6 a 12 cm, la concentración de Cd fue de 815,8 mg/kg. Por encima de los límites permisibles establecidos su normativa nacional, que son 10 mg/kg y por tanto están contaminados.

Sosa, J. (2015). En su investigación titulada “Evaluación de la toxicidad específica en un depósito de residuos municipales”, realizó determinaciones de toxicidad de cinco puntos en presencia de lixiviados. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y el contenido de metales pesados como Cn, Cu, Cr, Fe, Ni y Zn. Para determinar el grado de toxicidad se realizó un bioensayo en lombrices E. foetida, se compararon muestras de cinco localidades. con un sitio muestreado a 250 m del área de estudio. Los resultados de las pruebas indican la presencia de algunos de los metales de nuestro interés, lo que nos permite concluir que el punto 3 fue el de mayor toxicidad.

2.1.2. Nacionales

Contreras, E., Saenz, W., Sumarriva, L., Yaulilahua, R., & Chavez, N. (2023). En su trabajo de investigación denominada “Concentración de metales pesados plomo y arsénico en el botadero de Mollebamba, Huancavelica”. Determinaron los parámetros fisicoquímicos pH, textura, conductividad eléctrica y los metales pesados Plomo, Arsénico, tomaron seis (06) puntos de muestreo

en áreas por conveniencia; 4 con proximidad al botadero y 2 de privanza directa a profundidades de 40 cm aplicando el sistema de sondeo manual. Encontrando como resultado fisicoquímicos pH de 7,10 a 8,00 de ligeramente alcalino a moderadamente alcalino, textura arenosa, conductividad eléctrica de 0.45 uS/cm, metales pesados en el P1 Plomo: 2.50 mg/kg, Arsénico: 0.80 mg/kg; P2 Plomo: 3.80 mg/kg, Arsénico: 38.40 mg/kg; P3 Plomo: 4.50 mg/kg, Arsénico: 43.40 mg/kg; P4 Plomo: 4.00 mg/kg, Arsénico: 43.40 mg/kg; P5 Plomo: 4.30 mg/kg, Arsénico: 60.40 mg/kg,;P6 Plomo: 4.90 mg/kg, Arsénico: 68.75 mg/kg, según la Guía de muestreo de suelos en el Marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, ECA Suelos el Plomo(Pb) tiene un límite de máximo permisible de 70 mg/kg y arsénico un límite máximo permitido de 50 mg/kg. Concluyendo que el metal pesado plomo (Pb) se encuentra dentro de los limite en los seis (06) puntos de muestreos y arsénico P1, P2, P3, P4 se encuentran dentro del límite permitido a diferencia de los puntos P5 y P4 que superan el límite permitido.

Navarro, Y. (2023). En su trabajo de investigación denominada “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave - Puno”, analizó las concentraciones de los siguientes metales pesados: Arsénico (Ar), Bario, Cadmio, Cromo, Mercurio, Plomo y concentraciones de parámetros fisicoquímicos textura, conductividad eléctrica, pH, Nitrógeno, Fosforo, Potasio. Para la toma de muestras utilizo 03 puntos de muestreos de suelos y se basó de acuerdo a la metodología de la Guía de muestreo de suelos del MINAM. Los resultados obtenidos con respecto a los parámetros fisicoquímicos fueron: textura del suelo es franco arenoso, conductividad eléctrica es ligeramente salino, pH ligeramente alcalino, nitrógeno 615.33 mg/kg concentración alta, potasio 155,56 ppm concentraciones muy

altas, fosforo concentraciones muy altas en el P1, alta en el P2 y baja en el P3; concentraciones de metales pesados Ar 89.23 mg/kg, Ba 212 mg/kg, Cd 6.93 mg/kg en uso de suelo agrícola es de 1.4 mg/kg, Cr 25,40 mg/kg en uso de suelo agrícola es 0.4mg/kg, Hg 696,67 mg/kg estándar establecido en suelo agrícola es de 66mg/kg, Pb 86,90 mg/kg estándar establecido en suelo agrícola es de 70 mg/kg. Llegando a la conclusión que el suelo se encontraba contaminado por sobrepasar el estándar de calidad ambiental para suelo.

Saavedra, A. (2019). En su trabajo de investigación "Contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero de Cuñumbuque San Martin", el tipo de investigación utilizada fue la básica, donde aplicó un diseño de investigación no experimental, transversal, ya que realizó procedimientos en campo de acuerdo con las variables, sin manipularla. Determinando los niveles de concentraciones de metales pesados (Cadmio y plomo) con la ECA de suelo, los cuales fueron de 0.78 en Cadmio para la muestra 1 (M1) y 1.2 para la muestra (M2); En Plomo para la M1 fue 14.23 y 18.23 para la M2.

Vivanco, V. (2018). En su indagación, de la alteración de la superficie producida por el vertedero municipal de Abancay y sus impactos negativos en el entorno y la salud humana, da a conocer que la mala disposición final de los residuos sólidos, los cuales son arrojados en el botadero municipal, los mismos que emiten gases tóxicos, además de la generación de lixiviados, produciendo alteración paisajística y deterioro a la superficie.

Díaz, B (2018). En el trabajo de investigación "Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo, Tarapoto, Perú" determinó las concentraciones de metales pesados

cadmio y plomo (Cd y Pb), para ello realizó la caracterización del suelo en tres (03) puntos ubicados dentro del botadero municipal, al analizar las muestras de suelo de estos tres (03) puntos con respecto a la presencia de metales pesados mencionados, se evidenció que los niveles de Cadmio (Cd) en los tres puntos muestreados superan los valores establecidos por el ECA 4 mg/kg) para un suelo agrícola, siendo la muestra numero 1 el que presenta una concentración de 18,752 mg/kg, seguido de la muestra numero 2 con un valor de 15, 126 mg/kg y, finalmente la muestra numero 3 con una concentración de 6,321 mg/kg, del mismo modo se concluyó que los niveles de Plomo (Pb) en los tres (03) puntos muestreados no superan los valores establecidos por el ECA (70 mg/kg) para un suelo agrícola, la muestra 1 presenta una concentración de 16,255 mg/kg, seguido de la muestra 2 con un valor de 12,037 mg/kg y finalmente la muestra 3 con una concentración de 11,123 mg/kg.

Falcón, M. (2016). En su trabajo de investigación titulado Afectación del suelo como consecuencia de la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero Roma- Casa Grande. Da a conocer la inadecuada disposición final de los residuos sólidos municipales que ocasiona presencia de metales pesados como el plomo, cadmio y cromo VI donde sus concentraciones excedieron los Estándares de Calidad Ambiental para suelo, evidenciando contaminación ambiental a la superficie, generando problemas sociales, productivo y económico en los sectores locales. Con presencia de plomo de 88.09 ppm perteneciendo a la muestra M2.

Champi, V. & Villalba, M. (2014). En su averiguación, de la Contaminación por Disposición Final de Residuos Sólidos orgánicos e inorgánicos en los Centros Poblados de Pisac, Coya, Lamay y Calca - Región Cusco. Determinó

que el estudio fisicoquímico de los lixiviados provocados por la disposición final de residuos sólidos de los vertederos de las ciudades de Pisac (Matara) y Calca (Kaytupampa), presentan un alto contenido de materia orgánica en suspensión, por consiguiente, valores elevados de DBO y DQO, por ende, presentan las muestras altas conductividades eléctricas de 295.22 us cm-1, convirtiéndose en un excesivo contaminante del recurso edáfico e hídrico. Para la presencia de los metales pesados en los lixiviados, se obtuvieron valores traza en los cuatro botaderos y por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) propuestos por el MINAM.

2.1.3 Locales.

Gómez, J. & Palma, N. (2023). En su investigación sobre el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, departamento de Ucayali, en la cual realizaron 4 tratamientos de 10 kg de suelo cada uno, con diferentes concentraciones de EM, siendo T1 el tratamiento testigo el cual no fue combinado con EM, T2 (20% EM), T3 (30 % EM) y T4 (40 % EM). Los resultados para T1 en el día 0 fueron: pH= 3.503, Pb = 24.803 ppm y Cd = 0.833, estos resultados se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental para suelo.

Atencia, P., & Albornoz, K. (2020). En sus indagaciones respecto a la “determinación cuantitativa de cadmio y plomo disponible en suelos de uso agrícola en el centro poblado de San José de Yarinacocha, región Ucayali – Perú, en las cuales recolectaron siete muestras de suelo a una profundidad de 0.20 m y las analizaron por el método de espectrofotometría de absorción atómica. Concluyendo que las concentraciones de Cadmio (0.03600 - 0.08400

ppm) no sobrepasa el estándar de calidad ambiental para suelo – ECA suelo, el cual está establecido en 1.4 ppm; del mismo modo la concentración de Plomo (0.8425 - 6.6025 ppm) está por debajo del ECA suelo que se establece en 70 ppm.

Salvador, M. & Sandoval, L. (2014). En su indagación de “Análisis de la contaminación de las fuentes de aguas subterráneas por lixiviados del entorno del vertedero del km. 22, Campo Verde - Ucayali”, da conocer que las concentraciones de Aluminio en los pozos muestreados (excepción del pozo 9) sobrepasan los rangos establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. Nº 031-2010-SA.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Suelo

Su significado tradicional se define como entorno natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un organismo natural formado por capas de suelo (horizontes de suelo) compuestas de materiales minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la interacción del tiempo, combinado con el clima, la topografía, los organismos. (flora, fauna y personas) y los materiales originales (rocas y minerales primitivos). Esto significa que el suelo se diferencia del material original en consistencia, estructura, textura, color y propiedades químicas, biológicas y físicas. El suelo es una parte esencial de la “tierra” y de los “ecosistemas”. Se trata de dos conceptos más amplios que, en el caso de la Tierra, incluyen vegetación, agua y clima, y en el caso de los ecosistemas,

también incluyen consideraciones sociales y económicas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], (2021).

Jiménez, R. (2017). menciona que el suelo es un organismo natural y dinámico que al igual que la epidermis, recubre la superficie terrestre. Es también un sistema abierto, complejo, auto organizado, estructurado y multifuncional. Es uno de los recursos naturales más importantes porque desempeña numerosas funciones, incluida la producción de alimentos y, de manera más general, su papel en el sustento de la vida en la Tierra. Petraglia, C & Caysials, R. (2014) afirman que el suelo es la capa superior de la tierra sobre la que crecen las plantas. Reciben agua y nutrientes que les permiten crecer.

Las raíces también encuentran en el suelo el aire que necesitan para la vida. Los suelos contienen de forma natural elementos químicos y combinan fases sólidas, líquidas y gaseosas al mismo tiempo. Además, el número de propiedades físicas, químicas y biológicas y sus combinaciones se vuelve casi infinito. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], (2021).

Seoánez, M. (1999). Considera que el suelo es el soporte físico sobre el que se sustentan todos los seres vivos. También es una fuente de materias primas y uno de los elementos básicos del entorno natural. La humanidad lleva siglos utilizando el suelo para desarrollas y mejorar las condiciones de vida. Es en donde tienen lugar todos los procesos de producción humana, como la agricultura, la industria, infraestructura urbana, etc.

2.2.2. Composición del suelo

2.2.2.1. Fase sólida

Se encarga del comportamiento del suelo y contiene dos tipos de componentes: la porción mineral, que proviene del material original, y la porción orgánica, que proviene de restos de seres vivos que viven en la superficie, así como en los espacios interiores del suelo. (Martínez, 2016. p 20)

La fase mineral sólida contiene sustancias de naturaleza salina que son solubles y por tanto menos estables que los silicatos que son sus componentes principales. Los componentes de la fase sólida se dividen en:

Minerales: “El contenido mineral de un suelo proviene directamente de su material original y se divide en tres tipos principales: arena, limo y arcilla”.

Componentes Orgánicos: "La materia orgánica del suelo proviene de los restos de organismos que han caído sobre su superficie, principalmente hojas y restos vegetales." Este material se denomina "materia orgánica fresca" y su cantidad varía dependiendo del uso del suelo o la vegetación que cubre el suelo.

2.2.2.2. Fase liquida

La fase líquida se llama “agua del suelo” porque proviene de la lluvia o de acuíferos; Al entrar en contacto con la fase sólida, se incorporan a ella sustancias disueltas y suspendidas. (Martínez. 2016. p 22).

En esta fase se desarrollan los procesos de formación y desarrollo del suelo, de los cuales son especialmente importantes los relacionados con el

límite de fase sólido-líquido. También sirve como medio de transporte de sustancias presentes dentro y fuera del suelo. (Martínez, 2016, p. 22).

La fase líquida está formada por agua con sustancias disueltas y ocupa parte o la totalidad de los espacios porosos entre las partículas sólidas. Su contenido puede variar dependiendo de las condiciones del suelo (Ramírez, R. 1997).

La fase líquida del suelo también se llama “solución de suelo”. Pearson, citado por Fassbender, H., & Bornemisza, E. (1987), la define como una solución que tiene un equilibrio electrolítico y se presenta en condiciones de suelo que no están saturados con agua. Esta solución es de gran importancia para la nutrición de las plantas.

La fase líquida del suelo está en constante renovación de diferentes formas. Gran parte de esto proviene de las precipitaciones, pero también existen otras fuentes importantes, como el agua de riego y el ascenso de las aguas subterráneas por acción capilar. Esta agua es retenida por el suelo en mayor o menor medida dependiendo del material coloidal presente y de la distancia de las moléculas a la superficie del suelo.

La solución del suelo contiene una variedad de cationes, aniones y moléculas inorgánicas u orgánicas y organometálicas que varían según las condiciones ambientales y los materiales sólidos que componen el suelo. Según Pearson, citado por Fassbender, H. y Bornemisza, E. 1987, los electrolitos en la solución provienen y están en equilibrio con varios componentes del suelo, como lo son sales solubles, sales absorbidas, compuestos precipitados e iones intercambiables. Los aniones más importantes en la solución son aquellos que

son pobremente o no adsorbidos por el suelo; Sobre todo determinan su concentración. En suelos ácidos, los cloruros y nitratos son los componentes principales, mientras que en suelos alcalinos el carbonato ácido es importante. A ello también contribuyen los sulfatos, que se pueden adsorber en concentraciones medias. (Fassbender, H. y Bornemisza, E. 1987).

2.2.2.3. Fase gaseosa

Esta fase es formada por un gas cuya composición es cualitativamente similar al aire, pero tiene diferentes proporciones de ingredientes. Permite que los organismos del suelo y las raíces de las plantas respiren. (Martínez. 2016. p 24).

El intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera se produce mediante difusión entre ellos. La importancia de la respiración de los organismos para la composición de la atmósfera del suelo queda ilustrada por las diferencias estacionales en los niveles de dióxido de carbono. (Martínez. 2016. p. 24).

2.2.3. Características del suelo

2.2.3.1. Textura

Según la organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación [FAO], (2021). La textura del suelo es la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como la arena, limo y arcilla. Es una de las principales propiedades porque influye en el nivel de fertilidad y en la capacidad de retener agua, aire, drenaje, contenido de materia orgánica entre otras propiedades.

Esta composición depende del material original, es decir, la roca original a partir de la cual se creó el suelo, así como de los factores que intervinieron en su formación. Cualquier fragmento mayor de 2 mm de diámetro se considera suelo grueso o grava. Lifeder, (2022).

La arena

La composición de la arena es principalmente sílice, ya que es el mineral más abundante en las rocas de la Tierra. Sin embargo, también existen arenas calcáreas, que se forman por la erosión de los corales, o arenas volcánicas, que se forman por rocas volcánicas. Lifeder, (2022).

El limo

Es un sedimento heterogéneo de fracciones intermedias, compuesto tanto por elementos inorgánicos como orgánicos.

La arcilla

Las arcillas son silicatos de óxido de aluminio hidratados y se consideran químicamente activas en el suelo. Son de naturaleza coloidal, están cargados eléctricamente y desempeñan un papel importante en el almacenamiento de humedad y minerales. Lifeder, (2022).

2.2.3.2. Estructura

La estructura del suelo se logra combinando partículas sólidas del suelo en grupos o unidades estructurales llamadas pedales. La formación de estas estructuras es producto de un proceso de floculación o agregación provocado por eventos fisicoquímicos. Lifeder (2022).

Esta es una forma de agregar partículas de suelo. Es responsable de las relaciones entre aireación, infiltración, humedad del suelo y temperatura. (Ramírez, 1997).

2.2.3.3. Densidad y porosidad

La porosidad del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. Normalmente el volumen del suelo está conformado por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], (2021).

Al determinar la densidad, se puede determinar la porosidad general del suelo. Esta es la masa por volumen de suelo. Hay dos tipos de densidad: real y aparente. La densidad efectiva de las partículas densas del suelo varía dependiendo de la proporción de elementos que componen el suelo y generalmente ronda el 2,65. Una densidad aparente alta indica suelo compactado o una alta proporción de partículas granulares como arena. Una densidad aparente baja no necesariamente indica un ambiente favorable para el crecimiento de las plantas ya que se deben tomar en cuenta otros factores que propicien esta propiedad. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], (2021).

Es la relación existente entre la masa y el volumen de suelo. El volumen considera todo el espacio poroso existente del suelo. Esta característica nos brinda información de las condiciones en las cuales se encuentra el suelo con respecto a la compactación, la porosidad, la disponibilidad de agua y de oxígeno, etc. (Ramírez, 1997).

En cuanto a la densidad real o densidad de partícula Ramírez (1997). Señala que es la relación entre el volumen de las partículas del suelo y su volumen sin tener en cuenta el espacio poroso. La densidad real varía entre 2,5 y 2,6 g/cm³ cuando no están presentes cantidades significativas de materia orgánica. y alcanza el valor más alto (2.65 g/cm³) en suelos arcillosos o arenosos con muy poca materia orgánica. En suelos con un alto contenido en hierro se pueden alcanzar valores superiores a 2,7 g/cm³ (suelos ferralíticos).

2.2.3.4. pH

Es una de las propiedades fisicoquímicas más importantes de los suelos, ya que determina la disponibilidad de nutrientes para las plantas, su solubilidad y la actividad de los microorganismos que mineralizan la materia orgánica. También determina la concentración de iones tóxicos, CIC y varias propiedades importantes que, en última instancia, indican la fertilidad del suelo. (Ramírez, 1997).

Por lo general los suelos tienen un pH entre 4 y 8. Casi todos los suelos con un pH superior a 8 tienen exceso de sales o una alta proporción de Na+ en los sitios de intercambio catiónico. Los suelos con un pH inferior a 4 generalmente contienen ácido sulfúrico. El pH del suelo depende de varios

factores, cinco de los cuales afectan la formación del suelo. (Thompson y Troeh, 1988).

2.2.4. Contaminación del suelo

No existe una definición generalmente aceptada de contaminación del suelo, aunque se entiende como un cambio perjudicial en las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo, que en última instancia afecta a las personas, los animales, las plantas y el medio ambiente en general. En lo que respecta a la calidad del suelo, este sería un proceso que limitaría las posibilidades para su aprovechamiento. (Jiménez, 2017).

por otra parte, la contaminación del suelo suele extenderse a otros elementos como el agua y el aire, ya que la lluvia “lava” el suelo y arrastra todos los contaminantes a los cuerpos de agua (lagos, ríos, mares y acuíferos), que luego dañan estos ecosistemas. (Rafino, 2020).

Se entiende por contaminación del suelo la introducción en el sistema del suelo de elementos extraños o su aparición en concentraciones inusuales, que por sí solos o por su acción sobre otros componentes tienen un efecto nocivo sobre los organismos del suelo, sus consumidores. es probable que sea transferido a otros sistemas (Martínez Sánchez et al., 2005).

Jaramillo (2020). El impacto ambiental más evidente de una mala gestión de los residuos urbanos es la degradación estética de las ciudades y del paisaje natural, tanto urbano como rural. Continúa la degradación del paisaje natural debido al vertido incontrolado de residuos; Los vertederos de basura a

cielo abierto son cada vez más habituales debido a la falta de infraestructura adecuada.

Jaramillo. (2016). Otro efecto negativo fácilmente reconocible es el deterioro de la estética de las ciudades y, por ello, la devaluación de los terrenos donde se ubican los vertederos y las zonas adyacentes por el abandono y la acumulación de residuos. Además, estos vertederos también sufren contaminación o envenenamiento del suelo provocado por la liberación de sustancias tóxicas y la falta de control por parte de las autoridades ambientales.

2.2.4.1. Contaminación local

La contaminación local o puntual (sitios o lugares contaminados) ocurre en áreas circundantes a una fuente de contaminación donde hay una conexión directa con la fuente contaminante. Generalmente se asocia con instalaciones mineras, industriales, de vertederos y otras instalaciones operativas o abandonadas. Estas prácticas pueden suponer riesgos para el suelo y el agua (Martínez Sánchez et al., 2005).

Rodríguez et al (2019). La contaminación del suelo puede ser causada por un evento específico o una serie de eventos en un área específica que libera contaminantes al suelo y la fuente y la identidad de la contaminación pueden identificarse fácilmente. Este tipo de contaminación se llama contaminación puntual. Las actividades antropogénicas son las principales fuentes de contaminación puntual. Los ejemplos incluyen, entre otros, los emplazamientos de antiguas fábricas, la eliminación inadecuada de residuos y aguas servidas, los vertederos no controlados, el uso excesivo de agroquímicos y los derrames de diversos tipos.

2.2.4.2. Contaminación difusa

Este tipo de contaminación generalmente es causada cuando los contaminantes tanto solubles como particulados son transportados a través de grandes áreas, a menudo lejos de su fuente. Estos pueden incluir metales pesados, sustancias formadoras de ácidos, sobrecarga de nutrientes (eutrofización), etc. Con la excepción de la acidificación, no existe una contaminación a gran escala que afectaría de manera integral a todos los suelos europeos; está ligado a usos específicos de la tierra. Por tanto, la contaminación en algunas zonas restringidas puede ser elevada (áreas urbanas y complejos industriales) y provenir tanto de fuentes difusas (tráfico rodado) como de otras fuentes locales (vertederos). En las zonas agrícolas, el principal problema podría ser la contaminación ambiental generalizada (Martínez Sánchez et al., 2005).

Rodríguez. (2008). La contaminación difusa, en el ejemplo típico de los suelos agrícolas, representa otro problema, diferente tanto en sus características como en el tipo de soluciones posibles, limitado esencialmente al ámbito de la prevención, ya que no es técnica y económicamente posible tomar medidas correctoras para tomar.

Este tipo de contaminación es la que se extiende sobre áreas muy extensas, se acumula en el suelo y tiene varias fuentes que son difíciles de identificar. Este tipo de contaminación se produce cuando la emisión, transformación y dilución de contaminantes ocurre en otros medios antes de su transferencia al suelo (FAO y GTIS. 2015, citado por Rodríguez et al. 2019). Esto es causado por el transporte de contaminantes a través de sistemas aire -

suelo - agua. Por tanto, es necesario realizar análisis profundos de estos tres componentes para poder evaluar correctamente este tipo de contaminación (Geissen et al., 2015 citado por Rodríguez et al. 2019). Por consiguiente, la contaminación difusa es difícil de analizar y su extensión espacial puede ser difícil de rastrear y delimitar. Muchos de las sustancias que causan contaminación local pueden estar involucrados en la contaminación difusa porque no se comprende bien su destino en el medio ambiente (Grathwohl y Ham 2013 citado por Rodríguez et al. 2019). Los ejemplos de contaminación difusa son numerosos y pueden incluir energía nuclear y actividades armamentísticas; eliminación incontrolada de desechos y aguas residuales contaminadas vertidas en cuencas hidrográficas o cerca de ellas; la aplicación de lodos de depuradora a los suelos; uso agrícola de pesticidas y fertilizantes químicos, que también añaden metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes, exceso de nutrientes y agroquímicos que son arrastrados río abajo por las aguas de escorrentía; inundaciones; transporte y deposición atmosférica y/o erosión del suelo. Este tipo de contaminación tiene impactos significativos en el ambiente y la salud de las personas, aunque en general se desconocen su gravedad y alcance.

2.2.4.3. Fuentes de contaminación y contaminantes Causas de la contaminación del suelo.

Rodríguez. (2008). Los problemas de contaminación del suelo tienen muchas causas, algunas de las cuales son difíciles de controlar y desafían una clasificación sistemática, como los derrames accidentales de sustancias peligrosas o los vertidos ilegales clandestinos. Por su importancia cuantitativa, los sitios de residuos industriales mal tratados o abandonados, oleoductos y

yacimientos de hidrocarburos y químicos en general, así como las actividades mineras y metalúrgicas, se encuentran entre las principales fuentes de contaminación del suelo. Esto se aplica a la contaminación local.

2.2.4.4. Principales causas de la contaminación

Semarnat. (2010). Disposición inadecuada de residuos peligrosos en zonas no urbanizadas, almacenes, bodegas e instalaciones industriales. Fugas de sustancias peligrosas (especialmente hidrocarburos y sus derivados) desde tanques, tanques subterráneos, tuberías y canales. Lixiviación de residuos peligrosos de vertederos y lugares donde se realicen actividades relacionadas con la disposición de residuos peligrosos. Pérdidas químicas por accidentes de tráfico. Disposición inadecuada de residuos sólidos peligrosos o contaminados por ellos en los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales.

2.2.4.5. Funciones importantes del suelo

Semarnat. (2010). Actúa como filtro regulador en la recarga y protección de acuíferos. Aquí tienen lugar los ciclos biológicos, biogeoquímicos y de la red alimentaria. Es un hábitat biológico y una reserva para la preservación de especies y por tanto de la diversidad genética. Constituye la base física para la producción de alimentos agrícolas y animales. Es un productor de materias primas forestales. Constituye la base física para la construcción de edificios y servicios.

2.2.4.6. Pérdida de nutrientes del suelo por lixiviados

Fernández (2016). La noción de lixiviación se refiere a un fenómeno propio de zonas con climas húmedos que conlleva la pérdida de nutrientes en algunas capas del suelo a medida que el agua elimina del suelo nutrientes

básicos como arcilla, sales, hierro y humus. Este concepto también describe el movimiento de desechos y otros contaminantes hacia los lagos, ríos y mares, así como el proceso de lavado de la tierra o capa geológica por el agua. La vegetación, especialmente la silvicultura, proporciona protección natural contra la lixiviación; si se destruye, el proceso se acelera enormemente. El uso de fertilizantes muy ácidos, el riego excesivo y los cultivos que retienen altos niveles de nutrientes en el suelo también contribuyen a agravar este problema.

2.2.5. Calidad del suelo

Salazar (2018). La calidad del suelo incluye los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo y sus interacciones. Para garantizar la calidad general del suelo, es decir, captar la salud del suelo es necesario medir todos los parámetros. Sin embargo, no todos los parámetros son igualmente importantes para cada terreno o situación.

2.2.5.1. Muestreo de suelos

MINAM. (2016). El muestreo es la actividad que consiste en tomar muestras representativas que permitan la caracterización del suelo en estudio, donde la muestra se puede definir como una parte representativa que tiene las mismas características o propiedades del material en estudio y las muestras enviadas al laboratorio son las muestras seleccionadas para ser analizadas según los objetivos. Se pueden realizar estudios manuales para recolectar muestras de superficie (hasta una profundidad de aproximadamente un metro). Este sistema es relativamente sencillo, rápido de utilizar y económico; la cantidad de tierra que se puede extraer mediante esta técnica es pequeña; Será necesario tomar muestras compuestas de varios pozos. Otras técnicas

alternativas para recolectar muestras de superficie pueden incluir pozos o zanjas.

2.2.6. Los residuos sólidos y su impacto en el ambiente

CONAM/CEPIS/OPS. (2015). Se sabe que la mala eliminación de los residuos sólidos municipales en vertederos tiene impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente. Los factores que determinan la forma e intensidad de los impactos están relacionados con el tipo de residuo predominante, la distancia entre áreas pobladas y vertederos, la profundidad del nivel freático, la distancia y características de las fuentes de agua superficiales que podrían verse afectadas.

Tchobanoglous. (1994), los contaminantes pueden surgir como gases en el aire y el suelo o como lixiviados en las aguas superficiales y subterráneas. Si no se detecta contaminación en el área del vertedero, es importante definir la ruta de movimiento del contaminante, la ruta desde el vertedero hasta el lugar de detección. Para el agua superficial, el camino suele ser el lecho de un arroyo o una superficie erosionada; Para las aguas subterráneas, la ruta suele ser el acuífero superior.

Ecorgánicas. (2009). Los impactos ambientales son una gama de efectos beneficiosos y perjudiciales que una actividad económica en curso o planificada tiene sobre el nivel de vida y el entorno físico dentro de su esfera de influencia. El problema de los residuos tiene un impacto general y horizontal en todas las actividades, personas y espacios, convirtiéndose en un problema no sólo porque supone un desperdicio de recursos, sino también por los escasos de lugares que permitan un alojamiento adecuado desde el punto de vista ecológico.

Los efectos negativos se dan sobre diferentes factores ambientales:

2.2.6.1. Agua

Ecorgánicas. (2009). Producción de lixiviados y fenómenos de escorrentía con el consiguiente peligro de contaminación de los suelos expuestos al foco contaminante. Contaminación por descarga puntual son los suelos superficiales utilizados como receptores. Contaminación por escorrentías hacia suelos de cultivos agrícolas.

2.2.6.2. Deterioro del paisaje

Ecorgánicas. (2009). La contaminación del paisaje trae consigo la disminución de la calidad de vida en términos del espacio y del horizonte, además de afecciones graves sobre el paisaje, acentuados por el vertimiento indiscriminado de residuos sólidos.

2.2.6.3. Flora y Fauna

Ecorgánicas. (2009). Cambios en las comunidades vegetales como consecuencia de la indiscriminada formación de vertederos incontrolados en las periferias de las ciudades. Contaminación de pastos y forrajes que son alimento para el ganado. Cambio o reducción de la cubierta vegetal y por tanto riesgo de erosión del suelo. Aparición de focos de infección como consecuencia de la acumulación de sustancias orgánicas. Animales para consumo doméstico, alimentados con residuos vegetales y residuos en contacto con residuos industriales, con los consiguientes riesgos de absorción de pesticidas y toxinas en el metabolismo animal y posterior transmisión al ser humano a través de la leche y la carne.

2.2.7. Contaminación por Lixiviados

Corena. (2018). El lixiviado es un líquido formado por la liberación del exceso de agua de los residuos sólidos y la percolación del agua de lluvia a través de las capas de residuos sólidos en las fases de descomposición. El lixiviado es considerado el principal y mayor contaminante producido en un vertedero.

Álvarez. (2017). El Lixiviado es cualquier líquido que ha estado en contacto con residuos de vertederos o rellenos sanitarios y se forma por la disolución de uno o más compuestos de residuos sólidos urbanos en contacto con el suelo o por la dinámica de descomposición de los propios residuos.

Tchobanoglous. (1994). En la mayoría de vertederos el lixiviado está formado por el líquido que entra en el vertedero desde fuentes externas (drenaje superficial, lluvia, aguas subterráneas, aguas de manantiales subterráneos), y en su caso el líquido producido por la descomposición de los residuos. Contaminando de una manera indiscriminada el suelo.

Pineda. (2009). El lixiviado producido en un vertedero es producto de varios factores, tales como: composición de los residuos, antigüedad del vertedero, balance hídrico, diseño y operación del vertedero, solubilidad de los residuos, procesos de conversión microbiológicos y químicos y la interacción de estos que son arrastrados por el medio ambiente.

2.2.7.1. Composición del lixiviado

Tchobanoglous. (1994). A medida que el agua se filtra a través de la descomposición de desechos sólidos, los materiales biológicos y los componentes químicos se disuelven. Este proceso crea corrientes líquidas que

se caracterizan principalmente por una variedad de sustancias con valores de pH a menudo extremos, una alta contaminación orgánica y metales pesados, así como un olor intenso. En condiciones normales, los lixiviados se encuentran en el fondo de los vertederos. A partir de ahí, se produce movimiento a través de las capas subyacentes, aunque también se produce algún movimiento lateral, dependiendo de las propiedades del material circundante y de la forma del suelo que soporta el relleno (topografía, pendiente, tipo de suelo, forma de la cuenca). Existen claras diferencias entre lixiviados de vertederos nuevos (menos de 2 años) y maduros (más de 10 años), particularmente en los valores registrados de DBO, DQO y sólidos en suspensión.

2.2.7.2. Calidad de los lixiviados

Ehrig. (2019). Afirma que la calidad del lixiviado está determinada esencialmente por los procesos de reacción bioquímica que tienen lugar en el vertedero y las condiciones ambientales. Las sustancias solubles y las sustancias que se han vuelto solubles en agua como resultado de procesos bioquímicos, así como los productos finales correspondientes a los procesos de reacción bioquímica, caen espontáneamente al suelo.

Tchobanoglous. (1994). Al filtrarse en el suelo a través de los residuos sólidos en descomposición, se lixivian en solución materiales biológicos y constituyentes químicos. En la tabla 1, se presentan datos representativos sobre las características de los lixiviados en vertederos nuevos y antiguos.

Tabla 1

Composición de los lixiviados de vertederos nuevos y maduros.

Constituyente	Valor en mg/L		
	Vertedero Nuevo (menos de 2años		Vertedero maduro (mayor de 10 años)
	Rango	Típico	
DBO_5	2000 - 30000	10000	100 - 200
COT (Carbono orgánico total)	1500 - 20000	6000	80 - 160
DQO	30000 - 60000	18000	100 - 500
Total de sólidos en suspensión	200 - 2000	500	100 - 400
Nitrógeno orgánico	10 - 800	200	80 - 120
Nitrógeno amoniacal	10 - 800	200	20 - 40
Nitrato	5 - 40	25	5 - 10
Fosforo total	5 - 100	30	5 - 10
Ortofosfato	4 - 80	20	4 - 8
Alcalinidad como $CaCO_3$	1000 - 10000	3000	200 - 1000
pH	4,5 – 7,5	6	6,6 - 7,5
Dureza total como $CaCO_3$	300 - 10000	3500	200 - 500
Calcio	200 - 3000	1000	100 - 400
Magnesio	50 - 1500	250	50 - 200
Potasio	200 - 1000	300	50 - 400

Sodio	200 - 2500	500	100 - 200
Cloro	200 - 3000	500	100 - 400
Sulfatos	50 - 1000	300	20 - 50
Hierro total	50 - 1200	60	20 - 200

Fuente: Tchobanoglous, G. (1994).

2.2.8. Estándar de calidad ambiental

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

2.2.8.1. estándares de calidad para suelo

Los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios. En la tabla 2 se detalla los Estándares de calidad ambiental para suelo en la que se muestra el nivel de concentración de sustancias que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente, aprobado por el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

Tabla 2

Estándar de calidad ambiental para suelo

Parámetros en mg/kg Peso Seco	Usos de suelo		
	Suelo Agrícola	**Suelo Residencial / Parques**	**Suelo Comercial / Industrial / Extractivo**
ORGÁNICOS			
Hidrocarburos aromáticos volátiles			
Benceno	0.03	0.03	0.03
Tolueno	0.37	0.37	0.37
Etilbenceno	0.082	0.082	0.082
Xilenos	11	11	11
Hidrocarburos poliaromáticos			
Naftaleno	0.1	0.6	22
Benzo(a) pireno	0.1	0.7	0.7
Hidrocarburos de petróleo			
Fracción de hidrocarburos F1 (C6-C10)	200	200	500
Fracción de hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1200	1200	5000
Fracción de hidrocarburos (>C28-C40)	3000	3000	6000

Compuestos Organoclorados			
Bifenilos policlorados – PCB	0.5	1.3	33
Tetracloroetileno	0.1	0.2	0.5
Tricloroetileno	0.01	0.01	0.01
INORGÁNICOS			
Arsénico	50	50	140
Bario total	750	500	2000
Cadmio	1.4	10	22
Cromo total	No aplica	400	1000
Cromo VI	0.4	0.4	1.4
Mercurio	6.6	6.6	24
Plomo	70	140	800
Cianuro libre	0.9	0.9	8

Fuente: MINAM, 2017

2.3. Definiciones de términos básicos

- **Botadero**

Jaramillo, (2018). Es el lugar donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. No existe ningún tipo de control sanitario ni ambiental

- **Contaminación del suelo**

Rodríguez et al (2019). Se refiere a la presencia de una sustancia química o sustancia que está fuera de lugar y/o presente en una concentración más alta de lo normal y que causa efectos nocivos en cualquier organismo para el que no está destinado.

- **Textura de suelo**

Es la propiedad física derivada de la composición granulométrica, constituida por arena, limo y arcilla, cuyos diámetros están contempladas en la escala de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo. (MINAM, 2014).

- **Disposición final**

MINAM, (2016). Son los procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.

- **Lixiviado**

MINAM, (2016). Es el líquido producido principalmente por la lluvia, el que penetra a través del material de cobertura, atraviesa las capas de desechos y transporta concentraciones significativas de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes.

- **Punto de muestreo**

Lugar (punto o área determinada) del suelo donde se extraen las muestras, sean éstas superficiales o de profundidad. (MINAM, 2014)

- **Metales pesados**

Salinas (2019). Se trata de sustancias naturales de alto peso molecular que están muy extendidas. Hablando de contaminación, los metales pesados repercuten en la salud y afectan a diversos órganos.

- **Efectos a la salud por metales pesados**

Mirian, (2017). Es el metal y elemento químico contaminante tiene un mecanismo de acción y un lugar de acumulación preferido. El más conocido es el plomo que afecta varios sistemas, por ejemplo: el sistema nervioso. Otro metal pesado es el cadmio que afecta al riñón.

- **Efectos al medio ambiente por metales pesados**

Pilar, (2018). Son las alteraciones 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.

- **Plomo**

Dubey, (2017). Es un metal con una densidad de 11.4 g/cm3 y es considerado uno de los metales pesados de mayor toxicidad. La presencia de residuos sólidos como baterías, pinturas, tuberías e insecticidas provocan que el Pb se deposite en el suelo y es inmovilizado por el componente orgánico.

OMS (2021). El plomo es un metal tóxico cuyo uso generalizado ha causado contaminación ambiental y problemas de salud en muchas partes del mundo. Es una sustancia tóxica acumulativa que afecta a los múltiplos sistemas corporales, incluidos los sistemas cardiovasculares y neurológicos, hematológicos, del aparato digestivo, renales. Los niños son especialmente

vulnerables a los efectos neurotóxicos del plomo, y aun los niveles relativamente bajos de exposición pueden causar daño neurológico grave y en algunos casos irreversible.

- **Cadmio**

World Health Organization (2016). Se define de acuerdo a los contenidos normales de cadmio en el suelo alrededor del mundo, se puede determinar que el rango de ocurrencia de este metal está entre 0.07 y 1.1 mg/kg y se considera que los valores mayores a 0.5 mg/kg son el producto de actividades antropogénicas y fuentes más comunes como las pilas, baterías, pigmentos para pintura, barnices y las cañerías de PVC.

- **Cromo VI**

Sánchez, (2018). 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. La exposición a cromo hexavalente, Cr VI, se ha asociado a numerosos problemas de salud en los seres humanos. La exposición intensa y a largo plazo al Cr VI se ha vinculado a reacciones alérgicas en la piel, problemas gastrointestinales y respiratorios, y daños en el sistema reproductor masculino.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Lugar de ejecución.

El trabajo de investigación se realizó en dos fases, la primera fase se desarrolló en el Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos de la Ciudad de Aguaytía. Sus coordenadas geográficas son: latitud 9°3'33.7"S y longitud 75°37'35.6"O y su ubicación UTM es 431142.80 mE y 8998125.90 mS; Ubicado en la Carretera Federico Basadre km 175 entre los caseríos Erika y Boquerón, de donde se obtuvo las muestras para los ensayos realizados, la segunda fase se desarrolló en el Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María.

Figura 1

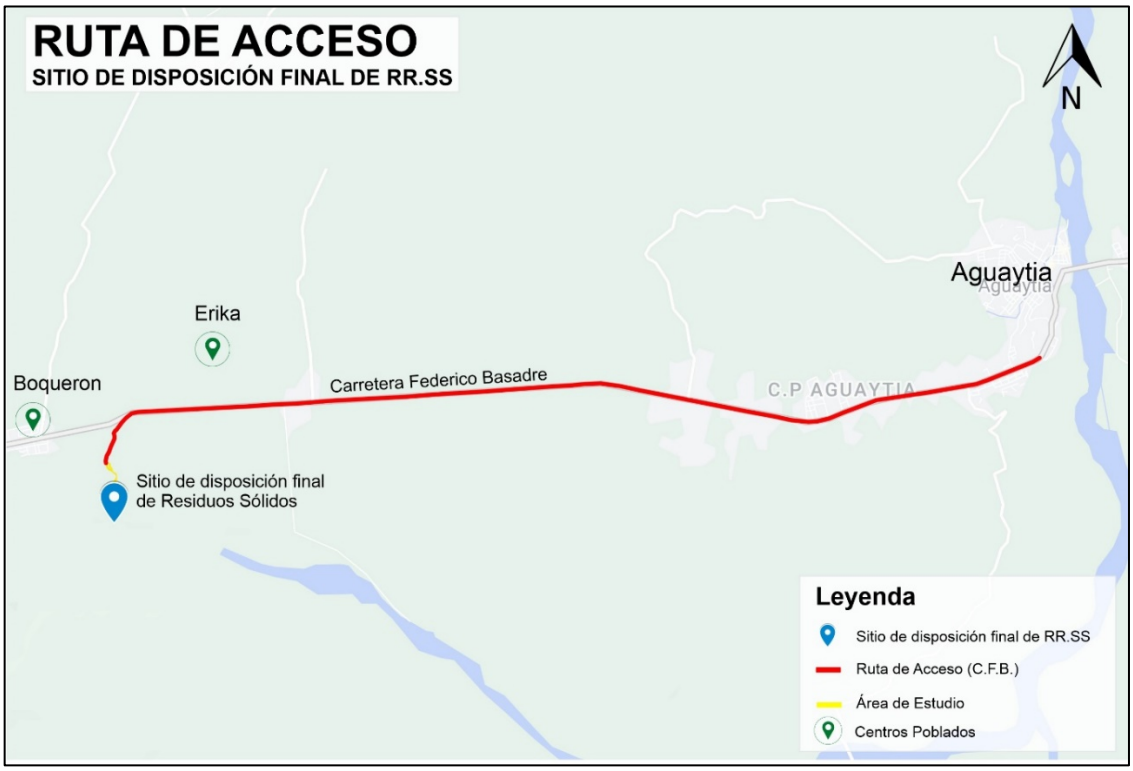
Ubicación del sitio de disposición final de residuos solidos



Se accede al sitio a través de la carretera Federico Basadre Km. 175 y se ingresa al área por una vía carrozable de 1 km que a causa de las lluvias debe ser permanentemente mantenida y rellenada con ripio.

Figura 2

Ruta de acceso al sitio de disposición final de residuos solidos



El sitio se encuentra a 13 kilómetros de distancia de la ciudad de Aguaytía, ubicado con coordenadas UTM 431142.80 mE y 8998125.90 mS, con un tiempo estimado de 10 minutos en vehículo trimovil.

3.2. Tipo y nivel de investigación

Por su finalidad, el nivel de la presente investigación fue básica. Por lo que solo busca ampliar la información y la comprensión del objeto de estudio sin profundizar a posibles alternativas de solución.

Por su profundidad el tipo de investigación fue descriptiva. Porque se detalló las características y la situación actual del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía; a través de verificación in situ.

Por el tratamiento de datos la investigación fue cuantitativa. Porque permitió la obtención de resultados medidos de acuerdo a los análisis en el laboratorio, y así comparar los resultaos si sobrepasan los estándares de calidad de suelos.

3.3. Población y muestra

a) Población.

La población total es el área operativa en la cual se disponen los residuos sólidos municipales de la ciudad de Aguaytía, dicha área es de 1.55 hectáreas.

b) Muestra

La muestra es suelo en contacto con lixiviados, extraídos de 4 puntos de muestreo dentro de las 1.55 hectáreas operativas del sitio de disposición final de residuos sólidos de la cuidad de Aguaytía que fue objeto de estudio.

El tipo de muestreo que se utilizó en el estudio de investigación es el de muestreo no probabilístico por conveniencia (Hernández, 2012), el cual le permite al investigador seleccionar las muestras entre los que están más disponibles o que resulten más convenientes (menos costo, tiempo, distancias, entre otros), le permite elegir de manera arbitraria cuántos participantes puede haber en el estudio y el lugar de recolección de datos. Entonces se tomó 4 puntos de muestreo dentro del botadero a cielo abierto, de acuerdo a la guía para Muestreo de Suelo 2014 del MINAM, con un peso de 1 kilogramo por cada

muestra, punto 1 inicio del botadero (18L, 431025.60 E y 8998271.80 N), punto 2 zona media (18L, 431089.60 E y 8998177.40 N), punto 3 zona media (18L, 431157.30 E y 8998040.80 N), punto 4 final del botadero (18L, 431145.60 E y 8997951.70 N).

3.4. Procedimientos de recolección de datos

A continuación, se detallan los procedimientos que se consideraron en esta investigación para la recolección de datos:

3.4.1. Identificación de Puntos de muestreo

Se tomaron 4 muestras del suelo de un (1) kilogramo por cada una, pertenecientes al sitio de disposición final de residuos sólidos de Aguaytía. Las muestras fueron selladas herméticamente y rotuladas, para lo cual se realizó calicatas de 0.60 metros de profundidad por 1 metro de ancho y largo, así mismo, cada punto de muestreo fue identificado como se detalla en la tabla 3, debidamente georreferenciado.

Tabla 3

Identificación de puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Ubicación en el botadero	Coordenada geográfica		Coordenada UTM	
		Latitud S	Longitud O	Este	Norte
P1	Inicio	9°3´41.96”	75°37´39.45”	431025.60	8998271.80
P2	Zona media 1	9°3´45.04”	75°37´37.36”	431089.60	8998177.40
P3	Zona media 2	9°3´49.49”	75°37´35.15”	431157.30	8998040.80
P4	Final	9°3´52.39”	75°37´35.54”	431145.60	8997951.70

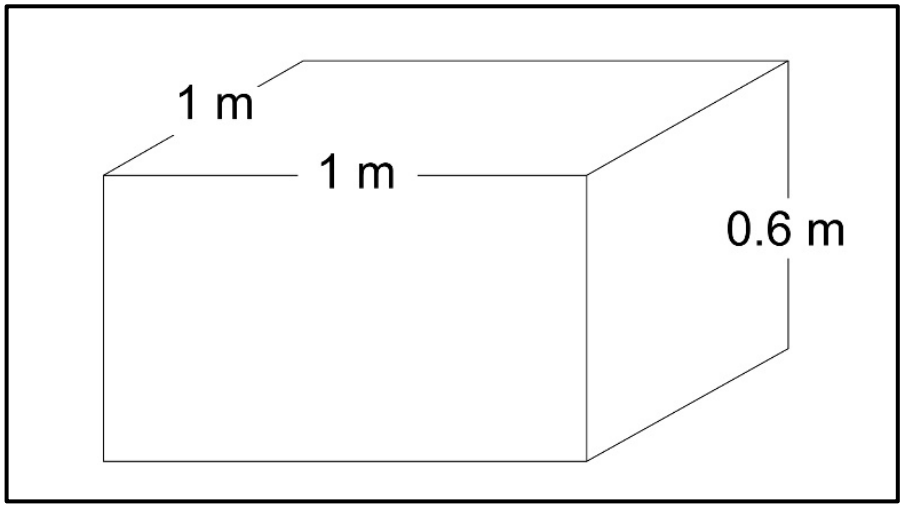
Los puntos de muestreo se identificaron según su ubicación dentro del área de estudio y fueron debidamente georreferenciados. para su posterior traslado con cadena de custodia al laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María.

3.4.2. Toma de muestra de los suelos afectados por lixiviados

Para la toma de muestra de los suelos se realizaron cuatro calicatas de 1x1x0.6 m, de manera que se trató de abarcar la mayor extensión posible dentro del área de recepción de los residuos sólidos municipales del sitio de disposición final de la cuidad de Aguaytía, como se detallan en las figuras 3 y 4 correspondientemente. Los suelos recolectados se trasladaron en bolsas herméticas y dentro de un recipiente de Tecnopor hasta el laboratorio de suelos de la Universidad agraria de la selva en Tingo María, lugar donde se realizó los análisis.

Figura 3

Dimensiones de calicatas



Representación gráfica de las calicatas utilizadas en la investigación, de acuerdo a la guía de muestreo de suelos – MINAM 2014, para suelo agrícola.

Figura 4

Puntos de muestreo



3.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Análisis fisicoquímicos de las muestras

Se realizaron mediciones fisicoquímicas al suelo, utilizando 10 g de suelo y diluyéndolo en 90 mL agua (H_2O) destilada, agitando la mezcla durante 10 min y dejando reposar 30 min, hasta obtener el sobrenadante, al cual se le midió el pH, Conductividad eléctrica ((µS/cm), con un equipo multiparámetro marca Hanna® modelo 9828.

3.5.2. Análisis de la textura

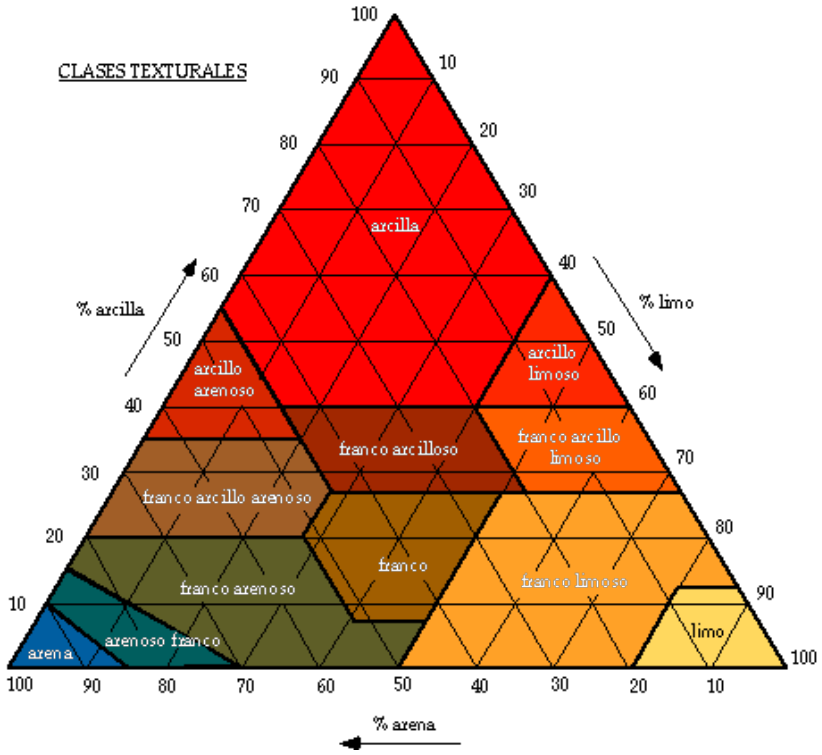
Para determinar la textura del suelo, se utilizó el método Bouyoucos. En un vaso Berzelius, de 500 mL, se depositaron 70 mL de agua destilada. Se pesaron y agregaron 55 g de suelo. Se agregó y mezcló 20 mL peróxido de

hidrogeno (H_2O_2) grado comercial, dejando que reaccionara por 10 min. Se colocaron 50 g del suelo en el vaso de una batidora y se agregaron 5 ml de oxalato de sodio ($Na_2C_2O_4$), y 5 ml de silicato de sodio (Na_2SiO_3). Se agregó agua hasta la segunda ranura y se agito durante 10 min. Se vertió en una probeta 1000 mL. La probeta se aforo con agua fría, manteniendo una temperatura de 20 °C. La muestra se agito 1 min y se dejó reposar 40 s. Posteriormente se tomó la primera lectura con un hidrómetro y la temperatura. Se dejó reposar otras 2 h y se tomó la segunda lectura.

Los resultados de las mediciones se usaron para determinar la clase textural del suelo mediante la comparación de porcentajes de arcilla, limo y arena en el triángulo de clases texturales de suelo de la FAO, como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Triangulo de clases texturales de suelo de la FAO



3.5.3. Análisis de la densidad real

Este valor se determinó en base a lo reportado por Valencia (2019). Se colocaron 20 g de suelo seco en un matraz aforado de 100 mL, completamente seco y previamente pesado. Posteriormente se agregó lentamente agua destilada, girándolo y agitando el matraz suavemente para facilitar el desalojo del aire atrapado en el fondo del matraz. Se agito continuamente el matraz de forma circular evitando la formación de espuma y se añadió agua hasta cerca del cuello del matraz, dejándolo reposar unos minutos hasta que ya no existan burbujas de aire. Se aforo conservando el menisco en el límite de la marca de 100 mL. Se pesó el matraz con la mezcla suelo/agua y posteriormente se vertió todo el contenido del matraz. Finalmente se lavó y seco para pesarlo y restarle el peso del matraz, para obtener todos los pesos que se utilizaron en la siguiente ecuación:

$$D_{real} = \frac{Ps}{Ps + P_{H_2O} - P_{(s+H_2O)}}$$

Donde:

Ps = Peso suelo = 20 g

P_{H2O} = Peso agua

$P_{(s+H2O)}$ = Peso de la mezcla (suelo + agua)

3.5.4. Análisis de metales pesados.

3.5.4.1. Determinación de cromo

En un balón micro Kjeldahl de 100 mL se colocaron 1.0 g de muestra y se adiciono 1.0 g de muestra catalizadora, mas 3 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Después se Calentará la unidad de digestión hasta que el color de

la solución sea claro. Se dejará enfriar, seguido se adiciona agua destilada para dar volumen (+/- 15 mL); seguido se Llevará a la unidad de destilación. Así mismo se adiciono por el tubo de seguridad hidróxido de sodio (NaOH) que contiene fenolftaleína hasta que la solución cambie a color rojo claro (indicación de la neutralización de la acidez). Iniciando el proceso de destilación, recibiendo en 10 mL de ácido bórico (H_3BO_3). El tiempo de destilación es de 5 minutos. Titular el destilado con ácido Clorhídrico (HCl).

3.5.4.2. Determinación de cadmio

Se pesó 5 gramos de muestra en un vaso de 50 ml. Se Añadió 20 ml de agua destilada. Agitar por 30 minutos. Finamente se filtró y realizo la lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.

3.5.4.3. Determinación de plomo

Se pesaron 5 g de la muestra en un matraz Erlenmeyer, se adicionaron 20 ml de la mezcla ácida (solución de ácido nítrico y ácido perclórico en proporción 5:1). El matraz se colocó en la plancha de digestión por aproximadamente 2 horas a una temperatura de 180 º C. Se dejaron enfriar para luego transferir la muestra a una fiola y enrasar con agua desionizada a 25 ml. Se traspasó a un tubo de ensayo y se agitó. Se tomó una alícuota de 1 ml y se adicionaron 9 ml de agua desionizada. Se determino la concentración de plomo en un espectrofotómetro de absorción.

3.6. Instrumentos para la recolección de datos

- Ficha de recolección de datos.
- Estándar de Calidad Ambiental para suelo (ECA - suelo) aprobado por D.S. N° 011-217-MINAM, el 2 de diciembre del 2017. Perú.

- Guía para el muestreo de suelos (D. S. N° 002-2013-MINAM)

3.7. Recursos materiales, equipos y servicios

Materiales:

- Bolsas ziploc con cerrado hermético
- Pala de metal
- Cavador
- Envase de Tecnopor
- Botas de jebe
- Guantes de látex de nitrilo
- Mascarillas kn95
- Bureta de 25 ml
- Matraces aforados de 50 ml
- Matraz de Erlenmeyer de 50 ml
- Agitador de vidrio de 15 cm
- Agitador de metal de 100 cm
- Plumón de tinta indeleble
- Piceta
- Balón micro Kjeldahl
- Etiquetas autoadhesivas
- Mandil de laboratorio
- Libreta de campo
- Tablero de campo
- Lapiceros

Equipos:

- GPS
- Balanza
- Laptop
- Equipo multiparámetro Hanna modelo 9828

Servicios:

- Mano de obra
- Transporte
- Análisis de muestras

3.8. Procesamiento para recolección de datos.

Todos los datos obtenidos se tabularon en el programa Microsoft Excel para obtener tablas que permitan evidencia la dinámica de los diferentes parámetros evaluados durante el experimento.

Los datos vaciados en el programa Excel se exportaron al paquete estadístico SPSS v.22 para el cálculo de la tukey al 0.05 de significación para cada variable en estudio para las pruebas sensoriales.

3.9. Tratamiento de datos

Los valores presentados a través del procesamiento de datos utilizando el paquete estadístico, SPSS V. 22, la prueba de Análisis de la Varianza (ANOVA) al 0.05 de significación para cada variable en el estudio para las pruebas sensoriales, como se puede observar en los resultados.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación titulado “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía, distrito y Provincia de Padre Abad, Ucayali - 2023”. A continuación, se detalla características del suelo actual en el en el área de estudio presentando los parámetros físico químicos y metales pesados encontrados.

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis fisicoquímico

Tabla 4

Características fisicoquímicas del suelo

Parámetros analizados	**unidad**	**Promedio de Valores Obtenidos**
pH	Unidad de pH	8.4475
Conductividad Eléctrica	µs / cm	121.75
Humedad	%	25.3525
Densidad de partícula	g/cm^3	2.285
Textura	Clase textural	Franco arcillo arenoso

Como se observa en la tabla 4, el consolidado de los resultados fisicoquímicos en la cual se muestra el promedio de los parámetros analizados

del suelo del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía a una profundidad de 0.60 m, en la que se obtuvieron los siguientes resultados respecto al pH 8.4475, lo que se interpreta como un suelo moderadamente alcalino; conductividad eléctrica 121.75 µs / cm lo que significa que dicho suelo es muy ligeramente salino; posee 25.3525 % de humedad; en cuanto a la densidad de partícula 2.285 g/ml lo que se interpreta que es muy denso; respecto a la clase textural se identificó que es un suelo Franco arcillo arenoso.

4.1.1.1 Análisis de pH de las muestras

Tabla 5

Promedio de pH de las muestras

PARAMETRO FISICQUIMICO	Und.	M1	M2	M3	M4	Media
pH	und pH	8.65	8.54	8.35	8.25	8.4475

De acuerdo al análisis de pH de las muestras de suelo, tal como se observa en la Tabla 5, se pudo determinar que no existen diferencias significativas entre las muestras donde la M1 y la muestra M2, presentaron valores de pH de 8.65 y 8.54 respectivamente y están por encima de los valores de las muestras M3 y M4 quienes presentaron un pH de 8.35 y 8.25 respectivamente, no existiendo diferencias significativas entre las muestras. La media del pH nos da a conocer que el suelo del sitio de disposición final de residuos sólidos de Aguaytía es moderadamente alcalino. Así mismo como se

muestra en la tabla 14 del anexo, la desviación estándar de pH corresponde a 0.18081 y un error estándar de la media de 0.09040.

4.1.1.2. Análisis de Conductividad eléctrica (µS /cm)

De acuerdo al análisis de la conductividad eléctrica de las muestras de suelos, tal como se observa en la tabla 6, se obtuvo los siguientes resultados: donde M1 presentó la mayor conductividad con 195.45 µS/cm, seguido de M2 quien presenta 123.78 µS/cm, así mismo el M3 quien obtuvo 72.65 µS/cm y finalmente M4 presentó 95 µS/cm.

Tabla 6

Promedio de conductividad eléctrica

PARAMETRO FISICQUIMICO	Und.	M1	M2	M3	M4	Media
Conductividad Eléctrica	µS / cm	195.45	123.78	72.65	95	121.72

La media de las muestras analizadas es de 121.72 µs/cm, lo que nos da un suelo ligeramente salino. Así mismo se observa en la tabla 14 del anexo que la desviación estándar es de 53.42340 lo que significa que existe gran variación entre los datos obtenidos y el error estándar de la media es 26.71170.

4.1.1.3. Análisis de textura de suelo

Los resultados del análisis de textura de suelo de las cuatro muestras como se aprecia en la tabla 7, no presentan diferencias significativas, ya que la proporción de arena, limo y arcilla de las muestras es: M1, 56%, 21% y 23%;

M2 50%, 27% y 23%; M3, 52%, 25% y 23; M4, 54%, 25% y 21% respectivamente.

Tabla 7

Clase textural del suelo en base a las muestras

PARAMETRO FISICQUIMICO	Und.	M1	M2	M3	M4
Arena	%	56	50	52	54
Arcilla	%	21	27	25	25
Limo	%	23	23	23	21
Clase textural		Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso

La clase textural del suelo en el sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía es franco arcillo arenoso. Así mismo la desviación estándar de las muestras respecto a arena, arcilla y limo es 2.58199, 2.51661 y 1.0000 respectivamente. El error estándar de la media respecto a arena, arcilla y limo es 1.29099, 1.25831 y 0.5000 tal como se muestra en la tabla 14 del anexo.

4.1.1.4. Análisis de humedad

Los resultados de humedad se pueden apreciar en la tabla 8, la muestra M1 posee un porcentaje de humedad de 33.55 %, y las muestras M2, M3 y M4 tienen la humedad de 28.87%, 23.79% y 15.2% respectivamente, la media es de 25.3525 % lo que nos indica que dicho suelo posee un gran contenido de

líquidos. Así mismo, como se observa en la tabla 14 del anexo, la desviación estándar es de 7.85465 y el error estándar de la media es 3.92732.

Tabla 8

Promedio de análisis de Humedad

PARAMETRO FISICQUIMICO	Und.	M1	M2	M3	M4	Media
Humedad	%	33.55	28.87	23.79	15.2	25.3525

4.1.1.5. Análisis de la densidad de partículas

Tabla 9

Promedio de análisis de Densidad Real o Densidad de Partícula

PARAMETROS FISICQUIMICOS	Und.	M1	M2	M3	M4	Media
Densidad de partícula	g/cm^3	2.67	2.32	2.09	2.06	2.285

De acuerdo a los resultados de análisis de densidad de partículas de las muestras como se observa en la tabla 9, la muestra M1 presenta la densidad más elevada con 2.67 g/cm^3 a diferencia de las muestras M2, M3 y M4 que tienen las siguientes densidades de 2.32 2.67 g/cm^3, 2.09 2.67 g/cm^3 y 2.06 2.67 g/cm^3 respectivamente, lo que se traduce en una densidad de partícula promedio de 2.285 g/cm^3 para el área de estudio. Así mismo, la desviación estándar de las muestras es 0.28172 lo que da a entender que no existen diferencias

significativas en los resultados de cada punto de muestreo, así mismo el error estándar de la media es 0.14086 como se observa en la tabla 14 del anexo.

4.1.2. Análisis de metales pesados

A continuación, se detalla la concentración de los metales pesados presentes en el suelo procedente del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía utilizando el método de espectrofotometría de absorción atómica, así mismo, los valores permitidos establecidos en el estándar de calidad ambiental (ECA) para suelos.

Tabla 10

Concentración de metales pesados en el suelo

Parámetros analizados	Promedios de Valores Obtenidos (ppm)	Valores ECA - suelo agrícola (ppm)
Análisis de metales pesados		
Plomo	17.24375	70
Cromo VI	0.022225	0.4
Cadmio	0.022025	1.4

Como se observa en la tabla 10, los valores de metales pesados no sobrepasan los valores de los estándares de calidad ambiental para suelo agrícola, encontrándose muy por debajo de los límites permitidos. La concentración de metales pesados de acuerdo al análisis de las muestras es: plomo 17.22375 ppm, encontrándose por debajo de 70 ppm del ECA suelo, en

cuanto al Cromo VI posee una concentración de 0.022225 ppm, encontrándose por debajo de los 0.4 ppm del ECA suelo, así mismo la concentración de Cadmio es de 0.022025 ppm, encontrándose igualmente por debajo del ECA suelo que para este metal el límite máximo para suelo agrícola es de 1.4 ppm.

4.1.2.1. Análisis de plomo

Tabla 11

Promedio de análisis de Plomo

METAL PESADO	Und.	M1	M2	M3	M4	Media
PLOMO	ppm	14.7125	22.1125	24.7000	7.4500	17.2438

De acuerdo al análisis de plomo, se puede apreciar en la tabla 11 que la muestra M3, presenta una concentración de 24.7 ppm, tiene una mayor significancia a diferencia de las muestras M1, M2 y M4, que poseen una concentración de plomo de 14.71 ppm, 22.11 ppm y 7.45 ppm respectivamente. Dándonos una concentración promedio de 17.2438 ppm de plomo en el suelo estudiado. Así mismo, como se observa en la tabla 15 del anexo, la desviación estándar es de 7.78086 lo que se interpreta que no existe diferencias significativas entre los valores obtenidos, así mismo se obtuvo un error estándar de la media de 3.89043.

4.1.2.2. Análisis de cadmio

Tabla 12.

Promedio de análisis de Cadmio

METALES PESADOS	Und.	M1	M2	M3	M4	Media
CADMIO	ppm	0.0250	0.0131	0.0375	0.0125	0.0220

Como se observa en la tabla 12, la muestra M3 representa 0.0375 ppm y es la concentración más alta, respecto a las muestras M1, M2 y M4 que presentan concentraciones de 0.0250 ppm, 0.0131 ppm y 0.0125 ppm respectivamente. La concentración promedio de este metal en el suelo estudiado es 0.0220 ppm. Por ende, los resultados obtenidos en esta investigación dan como resultado presencia de Cadmio en todas las muestras pero que no sobrepasan los ECA de suelos (agrícolas) con 1.4 ppm. Así mismo, como se observa en la tabla 15 del anexo, la desviación estándar es de 0.01181 lo que se interpreta que no existe diferencias significativas entre los valores obtenidos y, el error estándar de la media es 0.00591.

4.1.2.3. Análisis de cromo

Tabla 13.

Promedio de análisis de cromo

METAL PESADO	Und.	M1	M2	M3	M4	Media
CROMO	ppm	0.0199	0.0246	0.0316	0.0128	0.0222

De acuerdo al análisis de cromo, se puede apreciar en la tabla 13 que la muestra M3, representa 0.0316 ppm tiene una mayor significancia a diferencia de las muestras M1, M2 y M4, que presentan concentraciones de 0.0199 ppm,

0.0246 ppm y 0.0128 ppm respectivamente. El promedio de concentración de este metal en el suelo estudiado es de 0.0222 ppm. Así mismo, como se observa en la tabla 15 del anexo, la desviación estándar es de 0.00791 lo que se interpreta que no existe diferencias significativas entre los valores obtenidos y, el error estándar de la media es 0.00396.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. pH

El análisis de pH determina un suelo moderadamente alcalino con un valor promedio de 8.4475. Del mismo modo, Sosa, J. et al. (2015) En la investigación denominada Evaluación de la toxicidad puntual en un sitio de disposición final de residuos municipales, Yucatán, México. registró el valor promedio de pH en 8.505. Por su parte Navarro, Y. (2023). En su investigación denominada Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave-Puno. Donde realizo el análisis de pH de 3 puntos dentro del área del botadero, determinando un valor promedio de 7.34 concluyendo que dicho suelo es ligeramente alcalino.

Con esto se evidencia una posible alteración del nivel de pH del suelo del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía, ya que por lo general los suelos de la amazonia peruana según INIA (1985) es la predominancia de los suelos ácidos con pH 4.5 con niveles tóxicos de saturación de aluminio (70 - 90%), esta variación se puede interpretar como un cambio en las condiciones normales del suelo, que puede tener diversos factores como la quema constante de materia orgánica que ha venido acumulándose en el suelo a lo largo de la vida útil del sitio de disposición final, esparcimiento de cal a los

residuos para evitar olores desagradables, descomposición de residuos corrosivos alcalinos, estos se precipitan y acumulan en el suelo alterando el pH.

4.2.2. Conductividad eléctrica

El análisis de conductividad eléctrica nos da como resultado 121.72 µS/cm, lo que se traduce que dicho suelo es muy ligeramente salino. Del mismo modo, Sosa, J. et al. (2015). En la investigación denominada Evaluación de la toxicidad puntual en un sitio de disposición final de residuos municipales, Yucatán. México. En la cual determinó 6 puntos de muestreo, cuyo análisis de conductividad eléctrica fue de 151.44 µS/cm en promedio dando un suelo muy ligeramente salino. Así mismo, Champi, V. & Villalba, M. (2014). Quienes en su investigación de la Contaminación por Disposición final de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en los Centros Poblados de Pisac, Coya, Lamay y Calca - Región Cusco, determinaron la conductividad eléctrica del suelo 295.22 µS/cm, muy ligeramente salino. Por su parte, Saavedra, A. (2019) en su trabajo de investigación “Contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero de Cuñumbuque, San Martin determino la conductividad eléctrica del suelo en 200.795 µS/cm.

Dados los datos encontrados en la investigación se entiende que no hay problemas de sales minerales en el suelo del sitio de disposición final de residuos solidos de la ciudad de Aguaytía puesto que es muy ligeramente salino; encontrándose dentro de lo normal para suelo de la amazonia.

4.2.3. Textura del suelo

El análisis de textura del suelo dio como resultado que el suelo del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía es franco arcillo

arenoso. Por otra parte, Sosa, J. et al. (2015), en su investigación determino el suelo con la clase textural de franco arenoso, del mismo modo Navarro, Y. (2023). En su investigación determinó el suelo en Franco arenoso.

4.2.4. Humedad

El análisis de las muestras determinó que el suelo posee un 25.3525 % en promedio de humedad, del mismo modo Sosa, J. et al. (2015), en su investigación determinó el suelo con 24.85% de humedad en promedio con los 6 puntos muestreados. Por otro lado, Falcon, M. (2016), en su trabajo de investigación titulado Afectación del suelo como consecuencia de la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero Roma- Casa Grande, departamento de La Libertad, determinó que el suelo posee 5.01 % de humedad. Esto se debe a la retención de agua de lluvia del suelo franco arcillo arenoso y, a los lixiviados generados por la descomposición de materia orgánica en el sitio de disposición final de residuos sólidos.

4.2.5. Densidad de partículas

El análisis de densidad real o de partículas determinó que el suelo del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía presenta 2.285 g/cm^3, del mismo modo Sosa, J. et al. (2015), en su investigación da a conocer que la densidad real del suelo es de 2.2483 g/cm^3, dado que la muestra M5 tiene la densidad de 2.44 g/ cm^3 siendo la más elevada y la más baja fue la M2 y M6 con 2.08 g/ cm^3. Esto da a entender que no existe alteración alguna respecto al tipo del suelo estudiado.

4.2.6. Plomo

El análisis de concentración de Plomo determina que los niveles no superan los Estándares de Calidad Ambiental para el suelo (ECA Suelo) de 70 ppm establecidos mediante el DS N° 011-217-MINAM, ya que el sitio de disposición final presenta una concentración de 17.24375 ppm. Del mismo modo, Díaz, B. (2018) en el trabajo de investigación “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo, Tarapoto” caracterizó el suelo en 3 puntos ubicados dentro del botadero municipal determinó que el promedio de concentración de plomo es de 13.138333 ppm, los cuales no superan los valores establecidos por el ECA suelo.

Así mismo, Falcon, M. (2016), en su trabajo de investigación titulado Afectación del suelo como consecuencia de la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero Roma- Casa Grande, departamento de La Libertad, donde realizo monitoreo en 4 puntos del área del botadero, da a conocer que el promedio de la concentración de plomo es de 28.31725 ppm. Con el punto más alto de 53.736 ppm y siendo el menor de 1.880 ppm. Por ende, los resultados obtenidos en esta investigación dan como resultado presencia de plomo en todas las muestras pero que no sobrepasan los ECA de suelos (agrícolas) con 70 ppm.

Por su parte, Navarro, Y. (2023). En su investigación denominada Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave-Puno. Donde realizo el análisis de plomo de 3 puntos dentro del área del botadero, determinando una concentración promedio

de 86.90 ppm de este metal, lo que significa que este suelo se encuentra contaminado ya que supera el estándar de calidad ambiental para suelo.

Si bien es cierto que la concentración de plomo no supera el estándar de calidad de ambiental para suelo de 70 ppm, la Organización mundial de la salud (2017) señala que No existe ningún nivel por debajo del cual se pueda afirmar que la exposición al plomo no tiene efectos nocivos; señala además, que el plomo es un metal tóxico cuyo uso generalizado ha causado contaminación ambiental y problemas de salud en muchas partes del mundo, es una sustancia tóxica acumulativa que afecta a los múltiplos sistemas corporales, incluidos los sistemas cardiovasculares y neurológicos, hematológicos, del aparato digestivo, renales. Los niños son especialmente vulnerables a los efectos neurotóxicos del plomo, y aun los niveles relativamente bajos de exposición pueden causar daño neurológico grave y en algunos casos irreversible. Dicho metal se encuentra presente en productos de la industria de la pintura, la plomería y la soldadura, por lo que si estos residuos no son tratados adecuadamente esparcirán el plomo en el cuerpo receptor, es este caso el suelo del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía y sus alrededores por medio de la escorrentía de lixiviados. El problema radica que el sitio de disposición final de residuos solidos de la ciudad de Aguaytía se encuentra en una zona agrícola, que concentra plantaciones de palma y cacao, los cuales absorberán el plomo a través de las raíces y los frutos provenientes de estas plantaciones se encontraran contaminados, magnificando el problema cuando son consumidos por la población.

4.2.7. Cadmio

El análisis en las concentraciones de Cadmio determina que los niveles no superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo de 1.4 ppm, ya que el sitio de disposición de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía presenta una concentración de 0.022025 ppm de Cadmio. Del mismo modo, Gómez, J., & Palma, N. (2023). En su investigación denominada efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, departamento de Ucayali. Donde realizaron 4 tratamientos de suelo con EM, de las cuales en su tratamiento testigo (sin aplicación de EM), determinaron una concentración de 0.833 ppm de cadmio, el cual no supera el valor establecido por el ECA suelo. A diferencia de Falcon, M. (2016). Que en su investigación Afectación del suelo como consecuencia de la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero Roma- Casa Grande, determinó una concentración promedio de 2.235 ppm, siendo el punto más alto de 3.16 ppm y el de menor concentración de 0.53 ppm, concluyendo que dicha área se encontraba contaminado con cadmio ya que sobrepasa el valor establecido por el ECA suelo.

Así mismo, Hernández et al (2019) señala que el cadmio es un metal de transición altamente tóxico a niveles de exposición muy bajos y tiene efectos agudos y crónicos sobre la salud de las plantas, animales, seres humanos. La toxicidad por Cd reduce el crecimiento, la actividad fotosintética, el contenido de clorofilas y provoca clorosis principalmente en hojas jóvenes. También, interfiere en la entrada y trasporte de nutrientes y ocasiona estrés oxidativo y afectaciones en las actividades enzimáticas. Esto se traduciría en la afectación a las plantaciones de palma y cacao cercanos al área de influencia de residuos

sólidos, generando problemas sociales, productivo y económico en los sectores agrícolas locales, del mismo modo, un gran problema si estos productos son ingeridos por la población que se vería afectado en su salud por ser considerado un metal cancerígeno según la organización mundial de la salud.

4.2.8. Cromo VI

El análisis en las concentraciones de Cromo VI determina que los niveles no superan los Estándares de Calidad Ambiental para el suelo de 0.4 ppm establecidos mediante el DS N° 011-217-MINAM, encontrándose una concentración de 0.022225 ppm en el sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía. Del mismo modo Diaz, B. (2018), en su investigación da a conocer que el promedio de concentración de Cromo en el área del botadero municipal del distrito de San Pablo, Tarapoto es de 0.035 ppm, el cual no sobre pasa el valor de ECA suelo. A diferencia de Falcon, M. (2016). Que en su investigación determino una concentración promedio de Cromo de 0.6765 ppm en el suelo del área del botadero municipal de Roma- Casa Grande, departamento de La Libertad, el cual concluyo que dicho suelo se encontraba contaminado con cromo ya que sobre pasa el valor del ECA suelo. En este contexto, la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (ATSDR) de los Estados Unidos señala que la exposición al cromo ocurre al ingerir alimentos o agua contaminados o al respirar aire contaminado en el trabajo, estos pueden producir cáncer, anemia o dañar el estómago o los intestinos. Es por este motivo que es de importancia la identificación de este material en el sitio de disposición final de residuos sólidos por encontrarse cerca de plantaciones agrícolas que pueden ocasionar problemas económicos y

sociales al disminuir la calidad de sus productos y la desvalorización de sus terrenos agrícolas por encontrarse en la zona adyacente al botadero de residuos sólidos, por otra parte, si estos productos son consumidos pueden ocasionar enfermedades a la población.

Respecto a la hipótesis general podemos señalar que la rechazamos, ya que el suelo del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía no se encuentra contaminado según los resultados de los parámetros medidos a una profundidad de 0.60 m.

Respecto a la primera hipótesis especifica señalamos que la aceptamos ya que la presencia de lixiviados puede alterar las propiedades fisicoquímicas del suelo como el pH, el cual se encontraba elevado, distinto a los niveles normales de los suelos de la amazonia.

Respecto a la segunda y tercera hipótesis especifica podemos señalar que la rechazamos, ya que, si bien existe concentración de metales pesados en el suelo, éstos no sobrepasan los valores establecidos en la normativa ECA para suelos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los parámetros fisicoquímicos determinados en el suelo con presencia de lixiviados del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía fueron pH (8.4475), conductividad eléctrica (121.75 µS/cm), textura de suelo (franco arcillo arenoso), humedad (25.3525 %), densidad de partícula (2.285 g/cm^3).
- Se determinó la concentración de metales pesados del suelo del sitio de disposición final de residuos sólidos, obteniendo como resultado Plomo 17.24375 ppm, Cromo VI 0.022225 ppm y Cadmio 0.022025 ppm, pudiendo constatar la existencia de dichos metales en todas las muestras tomadas.
- Se realizó la comparación de las concentraciones de metales pesados existentes en el suelo del sitio de disposición final de residuos sólidos con los valores establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo de la normativa vigente, dichos valores son: plomo 70 ppm, cromo VI 0.4 ppm y cadmio 1.4 ppm
- Se determinó que el suelo del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía no se encuentra contaminado por plomo, cadmio o cromo, ya que la concentración de estos metales se encuentra por debajo de los valores determinado por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar la investigación en otros sitios de disposición final de residuos sólidos de la región, que permitan comparar con la investigación efectuada en el botadero de la ciudad de Aguaytía.
- Se recomienda la construcción de un relleno sanitario, para que no hay contaminación y afectación de suelo por presencia de lixiviados.
- Es necesario seguir los lineamientos establecidos en el protocolo de cuidado y preservación de las muestras de acuerdo la Guía para muestreo de suelos (2014).
- Durante la permanencia en el sitio de disposición final de residuos sólidos y durante el muestreo de suelos, se recomienda utilizar los equipos de protección personal necesarios como mascarillas con filtro para gases y vapores por las emisiones de gases presentes en el ambiente, lentes para evitar el contacto directo de lixiviados con los ojos por salpicaduras, manga larga y guantes de nitrilo para evitar con contacto directo con la piel, a fin de prevenir afecciones en la salud.

REFERENCIAS

Álvarez, A., & Suares, J. (2006). *Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario "El Guayabal" de la ciudad San José de Cúcuta. Colombia*. Universidad Francisco de Paula Santander. https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/627/631

Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – AIDIS. (2018). *Gestión Integral de residuos sólidos*. Disponible en: https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf

Atencia, P., & Albornoz, K. (2020). *Determinación cuantitativa de cadmio (cd) y plomo (pb) disponible en suelos de uso agrícola en el centro poblado de San José de Yarinacocha, región Ucayali – Perú.* Tesis de pregrado. Universidad nacional de Ucayali. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5394

Balcazar, I., Gómez, A., García, J., & López, G. (2020). *Efectos de contaminantes en suelo por un vertedero a cielo abierto en Tabasco*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas. Tabasco, México. https://revistas.ujat.mx/index.php/JEEOS/article/view/3473

Carrillo, M., & Solórzano, M. (2020). *Evaluación de la concentración de metales pesados: Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc en zonas aledañas al relleno sanitario del municipio de Texistepeque, Santa Ana, El Salvador.* Tesis de grado. Universidad de El Salvador. https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22299/

CONAM/CEPIS/OPS. (2004). *Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos.* Lima – Perú.
Disponible en: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sial-sialtrujillo/archivos/public/docs/250.pdf

Champi, V., & Villalba, M. (2014). *Evaluación de la contaminación por disposición final de Residuos Sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lama y Calca- Región Cusco.* Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco.

Contreras, E., Saenz, W., Sumarriva, L., Yaulilahua, R., & Chavez, N. (2023). *Concentración de metales pesados plomo y arsénico en el botadero de Mollebamba, Huancavelica*. ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Enero-abril 2023 / Volumen 7, Número 19. pp. 64 – 71. http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v7n19/a5-64-71.pdf

Díaz, B. (2018). *Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo, Tarapoto, Perú*. Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo. Peru.
https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31560

ECORGÁNICAS (2013). Problemas Ambientales, Medellín, Revista. Setiembre 2013, Vol 3. https:/ecorganicas.com/Cont/index.php.

Falcón, M. (2016). *Afectación del suelo como consecuencia de la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero Roma- Casa Grande.* Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/6794/falcon_nm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fassbender, H., & Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). https://repositorio.iica.int/handle/11324/6801

Fernández, A. (2006). *Contaminación por lixiviados.*

Gómez, J., & Palma, N. (2023). *Efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, departamento de Ucayali.* Tesis de grado. Universidad Nacional de Ucayali.

Hernández, C. (2009). *Evaluación del índice de Lixiviados de vertederos de Residuos sólidos urbanos a cielo abierto en la ciudad de La Habana.* Tesis de pregrado. Universidad Tecnológica de La Habana, "José Antonio Echeverría" cuba.

Hernández, Y., Rodríguez, P., Peña, M., Meriño, Y., & Cartaya, O. (2019). *Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate.* cultrop vol.40 no.3 La Habana jul.-set. 2019.

Hernández, O. (2012). *Estadística Elemental para Ciencias Sociales*. (Tercera Edición). San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.

Higueras, L. (2010). *Residuos sólidos, contaminación y efecto de lixiviados en suelo por el botadero municipal de la paz y creación de una norma*

específica que regule su tratamiento. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Ciudad de La Paz - Estado Plurinacional de Bolivia. http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/12879

Hualpa, P. (2019). *Diagnóstico ambiental del botadero de residuos sólidos del distrito de Juli para determinar su clausura o conversión a relleno sanitario.* Tesis de maestría. Universidad nacional del altiplano. Puno. https://1library.co/document/z1d9g28z-diagnostico-ambiental-botadero-residuos-solidos-determinar-conversion-sanitario.html

Izquierdo, N. (2015). *Evaluación de la contaminación de las fuentes de agua ubicadas en el área de influencia del botadero municipal de la ciudad de Yurimaguas*. Región Loreto. Tesis de pregrado. Universidad Alas Peruanas. https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/3535/1/Tesis_Evaluaci%C3%B3n_Ambiental_Agua.pdf

Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.* Universidad de Antioquia - Colombia. Organización panamericana de la salud. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55275/OPSCEPISPUB0293_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jiménez, R. (2017). *Introducción a la contaminación de suelo.* Mundi prensa libros. España. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=703084

Lifeder. (10 de agosto de 2022). Suelo. Recuperado de: https://www.lifeder.com/caracteristicas-del-suelo/.

Marcano, K., & Delvasto, P. (2016). *Contaminación de suelos por metales pesados debido a la presencia de pilas gastadas*. Tesis de investigación. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376147131005

Martínez, F. (2016). *Edafología y fertilidad de suelos*. Instituto Tecnológico Superior "Juan Montalvo. Loja – Ecuador. https://es.scribd.com/document/523111044/Edafologia-y-Fertilidad-de-Suelos

Márquez, L. (2010). *Evaluación de la Contaminación de suelos agrícolas por Lixiviados de un botadero municipal en la parte central de México.* Tesis de pregrado. Universidad del Valle de Toluca. México.

MINAM (2021). *Informe nacional sobre el estado del ambiente 2014-2019.* 1ra edición. Lima. https://sinia.minam.gob.pe/inea/wp-content/uploads/2021/07/INEA-2014-2019_red.pdf

MINAM (2014). *Guía para Muestreo de Suelos* (En el marco del Decreto Supremo N° 002- 2016-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo). https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf

MEF. (2017). Segundo informe. *Evaluación de diseño y ejecución de presupuesto de gestión integral de los residuos sólidos.* ministerio/pliego: MINAM (PP 0036).

https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/ppr/eval_indep/2017_informe_final_residuos_solidos.pdf

Navarro, Y. (2023). *Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave*. Tesis de grado. Universidad privada San Carlos.Puno.http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/622/Yessenia_NAVARRO_QUISPE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ojeda, R. (2005). *Evaluación preliminar del impacto sobre el suelo del área de influencia directa del vertedero de residuos sólidos del municipio de Arauca.* Tesis de pregrado. Universidad nacional de Colombia sede Arauca ingeniería ambiental.Colombia.https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20112/EVALUACI%C3%93N%20PRELIMINAR%20DEL%20IMPACTO%20SOBRE%20LAS%20AGUAS%20SUBTERRANEAS%20Y%20SUPERFICIALES%20DEL%20%C3%81REA%20DE%20INFLUENCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). Intoxicación por plomo. Extraído de: https://www.paho.org/es/temas/plomo#:~:text=El%20plomo%20es%20un%20metal,%2C%20del%20aparato%20digestivo%2C%20renales.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2021). *Suelo*. Portal de suelos de la FAO: http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2021). *Propiedades físicas y quimicas del suelo*. http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-delsuelo/propiedades-fisicas/es/

Petraglia, C., & Cayssials, R. (2014). *El suelo: Como se conserva, como se destruye.* Montevideo. Ministerio de agricultura y pesca – Uruguay. Instituto nacional de colonización. Instituto interamericano para la agricultura oficina Uruguay. https://books.google.com.pe/books?id=RpkgAQAAIAAJ&pg=PA1&dq=que+es+el+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjGoY2FgoToAhW7HLkGHeRPDXYQ6AEILTAB#v=onepage&q=que%20es%20el%20suelo&f=false

Ramírez, H. (2014). *Determinación de los Niveles de Contaminación del Agua por la Disposición Final de Residuos Sólidos Generados en la Ciudad de Moyobamba.* Tesis de grado. Universidad Nacional de San Martin – Tarapoto. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_ee0c378b1d6549620dfc2cde1bd4c442

Ramírez, R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos*. Santafé de Bogotá, DC.

Rodríguez, J. (2008). *Hacia un uso sostenible de los recursos naturales*. Andalucía - Sevilla. Universidad Internacional de Andalucía. https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3648/2008_recursos_naturales.pdf

Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta.* Roma. FAO. https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf

Rodríguez, I. (2018). Contaminación Ambiental Por Disposición Final De Residuos Sólidos y Aguas Residuales en la localidad de Lucre-Huacarpay Provincia de Quispicanchi Región Cusco.https://repositorio.unsa.edu.pe/bitstreams/64f8f424-5d5d-4942-850a-b2f378ac98d3/download

Rojas, M. (2016). *Evaluación de la calidad físico química del suelo vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y sus efectos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani - Puno*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Del Altiplano. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_f7d81fd09bfc90f61568fb830c02524f

Rojas, X. (2016). *Evaluación Ambiental y Económica de la Disposición Final de residuos sólidos urbanos municipales de Moyobamba*. Universidad Nacional de San Martin – Tarapoto. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_1b9648ea3ab5e271bc13d4352c17e999/Details

Romero, M. (2017). *Estudio de la contaminación por plomo en suelos de una planta de reciclaje de baterías cerrada en Freire, IX región.* Tesis de pregrado. Universidad de Chile. Santiago – Chile. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/145390/Tesis%20Final%20-%20Mario%20Romero.pdf?sequence=1

Saavedra, A. (2019). *Contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero de Cuñumbuque*. San Martin. Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58600/B_Saavedra_LTKA-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Salazar, J. (2000). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Instituto de suelos.* Departamento de agricultura. Argentina. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf

Salvador, M., & Sandoval, L. (2014). *Análisis de la contaminación de las fuentes de aguas subterráneas por lixiviados del entorno del vertedero del km. 22, Campo Verde – Ucayali.* Tesis de Grado. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa.

Sosa, J., Laines, J., Enríquez, J,. Molina, F., Bautista, L., Segura, A., & Hernández, S. (2015). *Evaluación de la toxicidad puntual en un sitio de disposición final de residuos municipales.* Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México. https://www.redalyc.org/pdf/467/46750925004.pdf

Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. SEMARNAT, (2010). *Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados.* México. https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD000953.pdf

Vásquez, F. (2010). *Evaluación del índice de calidad del agua en el área de influencia del botadero municipal de Tarapoto sector Yacucatina – San Martin – Perú.* Tesis de maestría. Universidad Nacional De San Martin. Tarapoto. Obtenido de: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_f1bbfc50a60e8168e8ceb87d3b2277e1

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, A. (1994). *Gestión Integral de residuos sólidos*. Edit. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A. 1120 pp. ISBN: 9788448118303

Vivanco, V. (2018). *Evaluación de la contaminación del suelo producida por el botadero municipal de Abancay y sus impactos negativos en el entorno y la salud humana.* Tesis de pregrado. Universidad alas peruanas, filial Abancay – Perú.

ANEXOS

Anexo 1

Tratamiento de datos por parámetro

Análisis de medias de características fisicoquímicas del suelo

Parámetros	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media
pH	4	8.4475	0.18081	0.09040
Conductividad Eléctrica	4	121.72	53.42340	26.71170
Humedad	4	25.3525	7.85465	3.92732
Densidad	4	2.285	0.28172	0.14086
Arena	4	53	2.58199	1.29099
Arcilla	4	24.5	2.51661	1.25831
Limo	4	22.5	1.00000	0.50000

Análisis de medias de metales pesados del suelo

Parámetros	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media
Plomo	4	17.2438	7.78086	3.89043
Cromo	4	0.0222	0.00791	0.00396
Cadmio	4	0.0220	0.01181	0.00591

Varianza e intervalos de confianza de parámetros fisicoquímicos

parámetros	z	varianza	Intervalo de confianza al 95 %	
pH	1.96	0.03269	8.27031	8.62469
conductividad eléctrica	1.96	2854.05993	69.36507	174.07493
humedad	1.96	61.69549	17.65495	33.05005
densidad	1.96	0.07937	2.00891	2.56109
arena	1.96	6.66667	50.46965	55.53035
arcilla	1.96	6.33333	22.03372	26.96628
limo	1.96	1.00000	21.52000	23.48000

Varianza e intervalo de confianza de metales pesados

parámetros	z	varianza	Intervalo de confianza al 95 %	
Plomo	1.96	60.54172	9.61851	24.86899
Cromo	1.96	0.00006	0.01447	0.02998
Cadmio	1.96	0.00014	0.01045	0.03360

Anexo 2

Interpretación de parámetros fisicoquímicos

Tabla de interpretación de pH

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	< 5.5
Moderadamente ácido	5.6 -6.0
Ligeramente ácido	6.1-6.5
Neutro	7.0
Ligeramente alcalino	7.1-7.8
Moderadamente alcalino	7.9-8.4
Fuertemente alcalino	> 8.5

Fuente: INIA 2016

Tabla de interpretación de conductividad eléctrica

Clasificación	CE (µS/cm)
Muy Ligeramente salino	< 2000
Ligeramente salino	2000-4000
Moderadamente salino	4000-8000
Fuertemente salino	> 8000

Fuente: INIA 2016

Tabla de interpretación de densidad según textura de suelo

Textura de suelo	**Densidad aparente ideal para el crecimiento de raíces (gr/cm^3)**	**Densidad aparente que afecta el crecimiento de raíces (gr/cm^3)**
Arenoso, franco arenoso	<1.5	>1.8
Franco arenoso, franco	<1.4	>1.8
Franco arcillo arenoso, franco arcilloso	<1.4	>1.75
Limoso, franco limoso	<1.4	>1.75
Franco arcillo limoso	<1.4	>1.65
Arcillo arenoso, arcillo limoso, franco arcilloso	<1.1	>1.58
Arcilloso (>45% arcilla)	<1.1	>1.47

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) 2015

Clases texturales de suelos

Nombres vulgares de los suelos (textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

Fuente: FAO 2019

Anexo 3

Criterios para toma de muestras

Profundidad de muestreo según el uso de suelo

Uso del suelo (capas)	Profundidad de muestreo
Suelo Agrícola	0 – 30 cm 30 – 60 cm
Suelo Residencial /Parques	0 - 10 cm 10 - 30 cm
Suelo Comercial / Industrial / Extractivo	0 - 10 cm

Fuente: MINAM 2014

Sistemas para la toma de muestra de acuerdo al tipo de suelo

SISTEMA	APLICACIÓN AL DISEÑO DE MUESTREO	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
CALICATAS	Suelo de parcela suave, con profundidad de 0-100 cm	Menor costo, fácil de manejar, pero sólo capaz de una pequeña profundidad.
SONDEOS MANUALES	Suelo duro, con profundidad de 0-100 cm	Precios bajos, capacidades de profundidad limitadas y muy fácil de utilizar.
ZANJAS	Cualquier tipo de suelo, hasta 4m	Simple de usar, se requieren retroexcavadoras para la carga a poca profundidad.

SONDEOS LINER	Hasta 20 m, suelo arenoso	Buen rango de profundidad; capaz de muestrear suelos que presenten contaminantes volátiles; costo elevado.
SONDEOS SEMI MECÁNICOS	Arenoso o rocoso, hasta 10m	Un buen rango de profundidad; pueden ser necesarios 2 o más operadores; costes medios
SONDEOS MECÁNICOS	vastas profundidades, todo tipo de suelos	Rango bueno de hondura, normalmente utilizado para acceder a estratos más profundos del suelo; caro, requiere mano de obra cualificada.

Fuente: MINAM 2014

Anexo 4

Informe de análisis de suelo en laboratorio

Resultado del análisis de parámetros fisicoquímicos

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

LASAE

ANALISIS DE SUELOS

1. DATOS

SOLICITANTE:	CARMEN ESTHER ROJAS TORREJON ELVIS IVAN LEONARDO SHAHUANO	MUESTREADO POR:	CARMEN ESTHER ROJAS TORREJON ELVIS IVAN LEONARDO SHAHUANO
DEPARTAMENTO:	UCAYALI	FECHA DE RECEPCION:	3/02/2023
PROVINCIA:	PADRE ABAD	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	3/02/2023
DISTRITO:	PADRE ABAD	FECHA DE REPORTE:	21/02/2023
CIUDAD:	AGUAYTIA	RECIBO O FACTURA:	23003683
PROYECTO:	"Evaluación de la Contaminación de Suelo por Lixiviados del Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos de la Ciudad de Aguaytía, Distrito y Provincia de Padre Abad, Ucayali - 2022.	OBSERVACIÓN:	FECHA DE MUESTREO: 02/02/2023

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

Nº	DATOS		ANALISIS FISICOQUIMICO				
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA DEL SOLICITANTE	pH	Conduc. Eléctrica µs cm	Salinidad psu	Humedad %	Densidad g/ml
1	S0063	M1	8.65	195.45	0.11	33.55	2.67
2	S0064	M2	8.54	123.78	0.09	28.87	2.32
3	S0065	M3	8.35	72.65	0.03	23.79	2.09
4	S0066	M4	8.25	95.00	0.02	15.20	2.06

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Ingº GILMER MILTON NEIRA TRUJILLO
Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA • FACULTAD DE AGRONOMIA • Laboratorio de Análisis de Suelos • Tingo María

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531
analisisdesuelosunas@hotmail.com

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA — Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

LASAE

ANALISIS DE SUELOS

1. DATOS

SOLICITANTE:	CARMEN ESTHER ROJAS TORREJON ELVIS IVAN LEONARDO SHAHUANO	MUESTREADO POR:	CARMEN ESTHER ROJAS TORREJON ELVIS IVAN LEONARDO SHAHUANO
DEPARTAMENTO:	UCAYALI	FECHA DE RECEPCION:	3/02/2023
PROVINCIA:	PADRE ABAD	FECHA DE INCICIO DE ENSAYO:	3/02/2023
DISTRITO:	PADRE ABAD	FECHA DE REPORTE:	21/02/2023
CIUDAD:	AGUAYTIA	RECIBO O FACTURA:	23003683
PROYECTO:	"Evaluación de la Contaminación de Suelo por Lixiviados del Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos de la Ciudad de Aguaytía, Distrito y Provincia de Padre Abad, Ucayali - 2022.	OBSERVACIÓN:	FECHA DE MUESTREO: 02/02/2023

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				Cr	Pb	Cd
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	total		
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA DEL SOLICITANTE	%	%	%		ppm	ppm	ppm
1	S0063	M1	56	21	23	Franco Arcillo Arenoso	0.0199	14.7125	0.0250
2	S0064	M2	50	27	23	Franco Arcillo Arenoso	0.0246	22.1125	0.0131
3	S0065	M3	52	25	23	Franco Arcillo Arenoso	0.0316	24.7000	0.0375
4	S0066	M4	54	25	21	Franco Arcillo Arenoso	0.0128	7.4500	0.0125

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE AGRONOMIA Laboratorio de Análisis de Suelos Tingo María

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
Ingº GILMER MILTON NEIRA TRUJILLO
Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531
analisisdesuelosunas@hotmail.com

Resultado del análisis de metales pesados de las muestras

Anexo 5

Evidencias fotográficas

Toma de muestra



Obtención de muestras



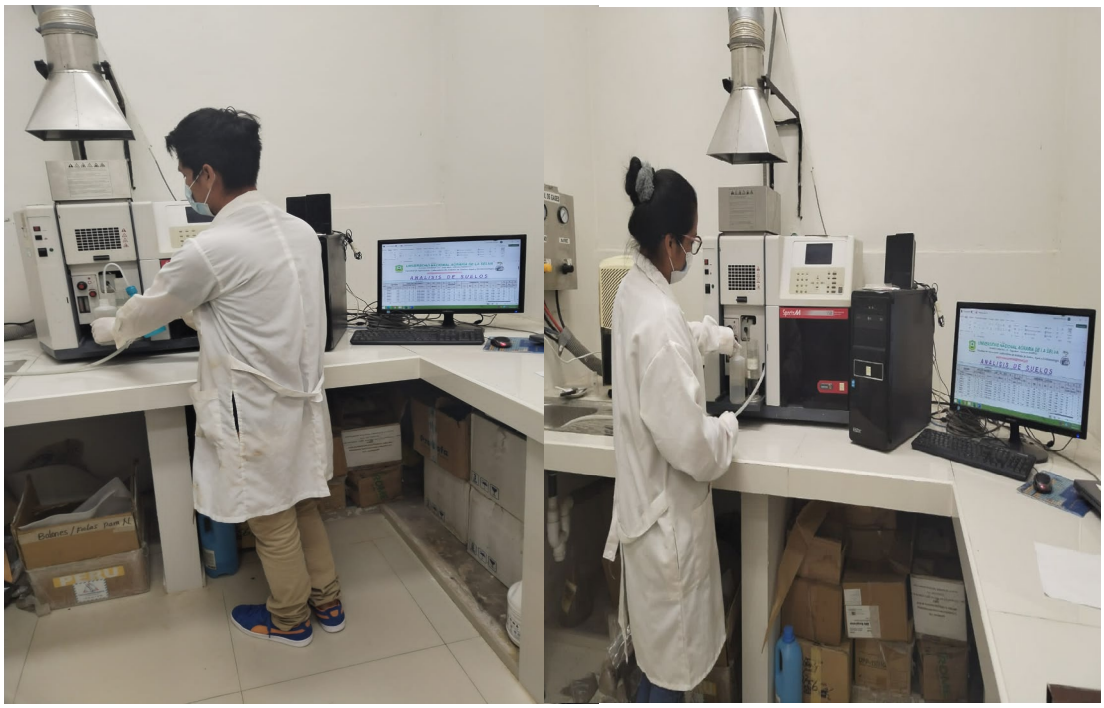
Traslado de muestra a laboratorio



Muestras en el laboratorio de la UNAS de Tingo Maria



Análisis de espectrofotometría de absorción atómica



Análisis de fisicoquímicos de las muestras



PROYECTO TESIS

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CUIDAD DE AGUAYTIA, DISTRITO Y PROVINCIA DE PADRE ABAD, UCAYALI - 2023

DATOS GENERALES					
Nombre del sitio en estudio: SITIO DE DISPOCISIÓN FINAL DE RR.SS.			Departamento: UCAYALI		
Uso del Predio: VERTEDERO DE RESIDUOS SOLIDOS			Provincia: PADRE ABAD		
Dirección: C.F.B. Km. 175			Distrito: PADRE ABAD		
DATOS DEL LUGAR DE MUESTREO					
Nombre del lugar de muestreo:					
Coordenadas: (UTM, WGS84) X: 431142.50 Y: 8998126.20			Operadores: (empresa / persona) ELVIS LEONARDO / CARMEN ROSAS		
Temperatura (°C)			Precipitación (si/no, intensidad): NO		
Técnica de muestreo: (p.e. sondeo manual/semi-mecanica/zanja), etc. SONDEO MANUAL			Instrumentos usados: PALA, CAVADOR		
Profundidad final: (en metros bajo la superficie) 0.60 m			Napa freática: (si/no, profundidad en m) NO		
Instalación de un pozo en el agujero: (si/no, descripcion) NO			Relleno del agujero después del muestreo: (si/no, descripcion) SI		
DATOS DE LAS MUESTRAS:					
Clave de la muestra:	M1	M2	M3	M4	
denominación:	INICIO VERTEDERO	ZONA INTERMEDIA 1	ZONA INTERMEDIA 2	FINAL DE VERTEDERO	
Fecha:	02/02/23	02/02/23	02/02/23	02/02/23	
Hora:	09:25	11:10	12:55	15:35	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie)	-	-	-	-	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie)	0.60 m	0.60 m	0.60 m	0.60m	
Coordenadas: (UTM, WGS84)	431025.60 E 8998271.80 N	431089.60 E 8998177.40 N	431157.30 E 8998040.80 N	431145.60 E 8997951.70 N	
Caracteristicas					
Textura: Compactación/consistencia					
Humedad:					
Cantidad de muestra: (volumen o peso)	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	
Medidas de conservación:	BOLSA HERMÉTICA	BOLSA HERMÉTICA	BOLSA HERMÉTICA	BOLSA HERMÉTICA	
Tipo de muestra (simple o compuesta)	SIMPLE	SIMPLE	SIMPLE	SIMPLE	

Anexo 6

Registro de datos en campo

Matriz de consistencia

"Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Aguaytía, distrito y provincia de Padre Abad, Ucayali- 2023"

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES
General ¿Existe contaminación del suelo por lixiviados en el sitio de disposición final de la ciudad de Aguaytía– 2023? **Específicos** ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos en el suelo afectados por lixiviados del sitio de disposición final de la ciudad de Aguaytía? ¿Existe altos niveles de concentración de metales pesados en suelos afectados por lixiviados del sitio de disposición final de la ciudad de Aguaytía– 2023? ¿Los niveles de concentración de los metales pesados evaluados estarán dentro de los valores permitidos en los Estándares de Calidad Ambiental para suelo - ECA?	**General** Evaluar la contaminación del suelo por lixiviados del sitio de disposición final de residuos sólidos de la cuidad de Aguaytía, distrito y provincia de Padre Abad, Ucayali. **Específicos** Determinar los parámetros fisicoquímicos en el suelo afectados por lixiviados del sitio de disposición final de residuos sólidos de la cuidad de Aguaytía, distrito y provincia de Padre Abad, Ucayali. Determinar los niveles de concentración de metales pesados en suelos afectados por lixiviados del sitio de disposición final de residuos sólidos de la cuidad de Aguaytía. Comparar los niveles de concentración de metales pesados si estarán dentro de los valores permitidos en los estándares de calidad ambiental para suelo – ECA.	**General** Los lixiviados generan contaminación en el suelo del sitio de disposición final de la cuidad de Aguaytía. **Específicos** Los parámetros físico químicos del suelo se alteran por lixiviados del sitio de disposición final. La concentración de metales pesados es elevada por los lixiviados del sitio de disposición final de la cuidad de Aguaytía. La concentración de metales evaluados supera los valores permitidos de los estándares de calidad ambiental para suelo – ECA.	**Variable X (independiente):** X= Lixiviados **Variable Y (dependiente):** Y=Contaminación del suelo	Efectos nocivos en la salud de las personas Grado o nivel de contaminación del suelo	Bioacumulables. Persistentes Número de compuestos encontrados en el suelo. Cantidad en PPM. Tipo de compuestos.