# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada **"Degradación física y química del suelo de la zona de influencia del Botadero "El Chirimoyo" del Distrito de Lajas - Chota"**; desarrollada por **Roxana Stefany Castro Medina** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorada por la M.Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito y coasesorada por el Dr. Roger Chambi Legoas**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 8%,** sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecidoen el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

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

Chota, 29 de diciembre de 2024.

Atentamente

**M.Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi**
**Director de la Unidad de Investigación**
**de la Facultad de Ciencias Agrarias**

RIMCH/DUIFCA
Interesado
AFCA
Archivo
Chota 2024

# Roxana Castro Medina

## IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA

INFORME DE TESIS 2024

PROYECTOS Y TESIS 2024

Universidad Nacional Autonoma de Chota

### Detalles del documento

Identificador de la entrega
**trn:oid:::1:3122919945**

Fecha de entrega
**29 dic 2024, 7:12 p.m. GMT-5**

Fecha de descarga
**29 dic 2024, 7:14 p.m. GMT-5**

Nombre de archivo
**Tesis_ROXANA_REV_03-12-24_con_formato_WHFR_-_T.docx**

Tamaño de archivo
**7.3 MB**

**57 Páginas**

**10,677 Palabras**

**55,806 Caracteres**

# 8% Similitud general

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

## Filtrado desde el informe

- Bibliografía

## Fuentes principales

| | |
|---|---|
| 8% | Fuentes de Internet |
| 2% | Publicaciones |
| 2% | Trabajos entregados (trabajos del estudiante) |

## Marcas de integridad

**N.º de alerta de integridad para revisión**

**Texto oculto**
8 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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

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

## Fuentes principales

8% Fuentes de Internet
2% Publicaciones
2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

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

1 Internet
repositorio.uraccan.edu.ni 1%

2 Internet
repositorio.unach.edu.pe 1%

3 Internet
hdl.handle.net 1%

4 Internet
www.coursehero.com 0%

5 Trabajos del estudiante
Universidad Continental 0%

6 Internet
repositorio.ug.edu.ec 0%

7 Internet
pesquisa.bvsalud.org 0%

8 Internet
www.researchgate.net 0%

9 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga 0%

10 Internet
repositorio.ucv.edu.pe 0%

11 Trabajos del estudiante
uncedu 0%

12 Internet
apirepositorio.unu.edu.pe 0%

13 Internet
www.slideshare.net 0%

14 Trabajos del estudiante
Universidad Politécnica del Perú 0%

15 Internet
documentop.com 0%

16 Internet
www.revista.ccba.uady.mx 0%

17 Internet
www.tdx.cat 0%

18 Internet
dspace.espoch.edu.ec 0%

19 Internet
repositorio.unap.edu.pe 0%

20 Internet
dspace.unach.edu.ec 0%

21 Internet
repositorio.continental.edu.pe 0%

22 Internet
citarea.cita-aragon.es 0%

23 Internet
docs.google.com 0%

24 Internet
grain.org 0%

25 Internet
www.dspace.uce.edu.ec 0%

26 Internet
docslib.org 0%

27 Internet
repositorio.ucsp.edu.pe 0%

28 Internet
repositorio.uncp.edu.pe 0%

29 Internet
repositorio.unsch.edu.pe 0%

30 Internet
repository.unipiloto.edu.co 0%

31 Internet
www.domarkpraha.cz 0%

32 Publicación
Yakabi Bedrinana, Katiusca Susana. "Integrando dimensiones para la comprensio... 0%

33 Internet
biblioteca.upbbga.edu.co 0%

34 Internet
ebin.pub 0%

35 Internet
journals.aai.org 0%

36 Internet
mi.chicureo.com 0%

37 Internet
repositorio.unh.edu.pe 0%

38 Internet
www.ingurugiroetxea.org 0%

39 Publicación
Huike Shi, Yaping Liu, Tafazal Kumail, Liurong Pan. "Tourism destination brand e... 0%

40 Publicación
KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "EIA del Proyecto Constancia-IGA0006961", ... 0%

41 Internet
cenida.una.edu.ni 0%

42 Internet
cienciaabierta.unison.mx 0%

43 Internet
documents.mx 0%

44 Internet
issuu.com 0%

45 Internet
jhuniverse.jhu.edu 0%

46 Internet
moam.info 0%

47 Internet
repositorio.unamba.edu.pe 0%

48 Internet
repositorio.uns.edu.pe 0%

49 Internet
upcommons.upc.edu 0%

50 Internet
www.agenda21malaga.org 0%

51 Internet
www.encolombia.com 0%

52 Publicación
"Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning", Springer Nature, 2010 0%

53 Internet
livrosdeamor.com.br 0%

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

**Degradación Física y Química del Suelo de la Zona de Influencia del Botadero "El Chirimoyo" del Distrito de Lajas-Chota**

# TESIS

**Para optar el Título Profesional de:**

## INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

**Presentada por:**


## ROXANA STEFANY CASTRO MEDINA


**ASESOR**

M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito

Ing. Yuli Anabel Chávez Juanito
Docente EPIFA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

## CO-ASESOR

Dr. Roger Chambi Legoas

Dr. Roger Chambi Legoas

**CHOTA - PERÚ**

**2023**

**Anexo 01:**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 016-2024-FCA

Siendo las Once... horas, del día 21 de noviembre de 2024, los miembros del Jurado de Tesis titulada: "Degradación física y química del suelo de la zona de influencia del botadero "El Chirimoyo" del distrito de Lajas-Chota", integrado por:

1. Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana (Presidente)
2. M.Sc. Wilber Huo Flores Rodriguez (Secretario)
3. M.Sc. José Magno Quiroz Gonzáles (Vocal)

Sustentada de manera presencial (X), por la Bach. Roxana Stefany Castro Medina, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda ...APROBAR..... la tesis, calificándola con la nota de: ..14... (...catorce.....), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional.

Colpa Matara, 21 de noviembre del 2024

.....
Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana
Presidente

.....
M.Sc. Wilber Huo Flores Rodriguez
Secretario

.....
M.Sc. José Magno Quiroz Gonzáles
Vocal

## DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo a Dios y toda mi familia.

Principalmente, a mis padres que me apoyaron y me dieron confianza.

Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza,

ni morir en el intento y ser una mejor persona

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme gozar de salud y bienestar para poder lograr mis metas.

Al. Dr. Roger Chambi Legoas, por el aprecio, consejos, recomendaciones y asesoramiento para realizar el presente estudio de investigación.

A la. M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito por su colaboración y asesoramiento para realizar la tesis.

Agradezco a mis padres y hermano por todo el apoyo y confianza durante todos estos años para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos, ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas

# ÍNDICE DE CONTENIDO

Pág.

**RESUMEN** ..... **IX**

**ABSTRACT** ..... **X**

**CAPITULO I**

**INTRODUCCIÓN** ..... **11**

1.1. Planteamiento del problema ..... 11

1.2. Formulación del problema ..... 12

1.3. Justificación de la investigación ..... 12

1.4. Objetivos de la investigación ..... 13

1.4.1. Objetivo general ..... 13
1.4.2. Objetivos específicos ..... 13

**CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO** ..... **14**

2.1. Antecedentes ..... 14

2.1.1. En todo el país o a escala nacional ..... 14
2.1.2. A nivel regional ..... 15

2.2. Bases teóricos – científicas ..... 16

2.2.1. El suelo ..... 16
2.2.2. Procesos que pueden provocar la pérdida o degradación del suelo ..... 16
2.2.3. Propiedades químicas del suelo ..... 17
2.2.4. Propiedades físicas del suelo ..... 23
2.2.5. Vertedero o vertedero de residuos sólidos al aire libre ..... 26
2.2.6. Residuos sólidos ..... 26

2.3. Marco conceptual ..... 27

2.3.1. Degradación ..... 27
2.3.2. Suelo ..... 27
2.3.3. Desechos rígidos ..... 27
2.3.4. Botadero ..... 28
2.3.5. Inadecuada disposición de residuos sólidos ..... 28

2.4. Formulación de la hipótesis ..... 28

2.5. Operacionalidad de indicadores o variables ..... 28

**CAPITULO III**

**MARCO METODOLÓGICO** ..... **30**

3.1. Tipo y nivel de investigación ..... 30

3.1.1. Tipo de investigación ..... 30
3.1.2. Nivel de investigación ..... 30

3.2. Diseño de investigación ..... 31

3.3. Método de investigación ..... 31

3.3.1. Lugar de estudio ..... 31
3.4. Población, muestra y muestreo ..... 31
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... 32
3.5.1. Técnicas de recolección de datos ..... 32
3.5.2. Procedimiento para la recolección de muestras de suelo ..... 33
3.5.3. Herramientas para la recopilación de datos ..... 34
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos ..... 35
3.6.1. Técnicas de procesamiento ..... 35
3.6.2. Análisis de datos ..... 35
3.7. Aspectos éticos ..... 35

**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 36**
4.1. Resultados ..... 36
4.1.1. Propiedades físicas del suelo de la zona de influencia del botadero "El Chirimoyo" . 36
4.1.2. Características químicas del suelo en la zona impactada por el botadero "El Chirimoyo". 37
4.1.3. Contrastación de hipótesis ..... 45
4.2. Discusión ..... 47
**CONCLUSIONES ..... 51**
**RECOMENDACIONES ..... 52**
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 53**
**ANEXOS ..... 62**

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción del nivel de acidez o basicidad del suelo. ..... 18
Tabla 2. Clasificación en la cantidad de nutrientes que un suelo es capaz de retener..... 19
Tabla 3. Tipos de suelos según disponibilidad de potasio. ..... 22
Tabla 4. Clasificación del suelo de acuerdo con el fosforo disponible. ..... 22
Tabla 5. Categorización de la cantidad de nitrógeno accesible en el suelo..... 23
Tabla 6. Organización de los poros presentes en el suelo ..... 25
Tabla 7. Variables e indicadores ..... 28
Tabla 8. Características físicas del suelo del botadero “El Chirimoyo”..... 37
Tabla 9. Características químicas del suelo del botadero “El Chirimoyo”. ..... 38
Tabla 10. Análisis estadístico de las propiedades del suelo. ..... 43
Tabla 11. Análisis estadístico comparativo entre los puntos B0 Y B500. ..... 47
Tabla 12. Parámetros de referencia para definir la fertilidad del suelo. ..... 47

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los desechos o residuos en materia sólida. ..... 27
Figura 2. Ubicación del botadero de “El Chirimoyo” en el distrito de Lajas. ..... 32
Figura 3. Comparación del nivel de Carbonatos de los distintos puntos de muestreo del suelo del botadero con el punto de control y ECAs ..... 39
Figura 4. Comparación del nivel de Materia Orgánica de los puntos de muestreo del suelo del botadero ..... 39
Figura 5. Comparación del nivel de Fosforo en los distintos puntos de muestreo del suelo del botadero ..... 40
Figura 6. Comparación del nivel de Potasio en los distintos puntos de muestreo del suelo del botadero ..... 41
Figura 7. Comparación del nivel de Conductividad eléctrica de las zonas de muestreo del suelo del botadero ..... 41
Figura 8. Conexión entre los atributos estructurales y composicionales de la tierra en el botadero “El Chirimoyo” ..... 42
Figura 9. Muestra frontal de vista del botadero “El Chirimoyo” en la de marcación de Lajas, Chota. Área de muestreo 1 (B0). ..... 69
Figura 10. Muestra frontal izquierda del botadero “El Chirimoyo” en el distrito de Lajas, Chota. 69
Figura 11. Muestra frontal derecha del botadero “El Chirimoyo” en el distrito de Lajas, Chota .... 70
Figura 12. Anotando en la Guía de Observación durante la toma de muestra del botadero. Fecha 13/07/2023 ..... 70
Figura 13. Toma del primer punto en el GPS, área de muestreo 1 (B0). Fecha 13/07/2023 ..... 71
Figura 14. Retirando la tierra para la segunda muestra (B50). Fecha 13/07/2023. ..... 71
Figura 15. Retirando la tierra para colocar en el balde ..... 72
Figura 16. Colocando la tierra en la bolsa ..... 72

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como propósito establecer la degradación física y química de la zona de influencia del botadero “El Chirimoyo” en el distrito de Lajas, Chota. Se realizaron muestreos del suelo durante agosto 2023, obteniéndose 06 muestras del suelo: 02 muestras alrededor del botadero, 03 muestras dentro de la zona de estudio, y 01 muestra fuera de la zona afectada por el vertedero como muestra testigo. Los resultados mostraron que existe una degradación física y química del suelo del botadero El Chirimoyo. Se ha identificado una significativa degradación físico química debido a la acumulación de residuos peligrosos y no peligrosos, como vidrio roto, jeringas, escombros, plaguicidas y desechos textiles, lo que genera riesgos ambientales y sanitarios. Las propiedades físicas de la zona impactada incluyen textura arcillosa, densidades entre 1,17 g/ml y 1,22 g/ml, y una capacidad de campo que varía del 32,29% al 35,67%. El pH del suelo oscila entre 7,5 y 7,8, con una capacidad de intercambio catiónico constante de 0%. La conductividad eléctrica varía de 11,8 a 77,8 mS/m, y el contenido de materia orgánica está entre 3,1% y 5,4%. El potasio disponible va de 210,9 ppm a 1711,5 ppm, mientras que el fósforo disponible oscila entre 2,85 ppm y 13,24 ppm, lo que subraya la severidad de la contaminación y su impacto en la calidad del suelo.



**Palabras clave:** degradación física, degradación química, suelo, zona de influencia, botadero.

## ABSTRACT

The aim of this research was to assess the deterioration of materials and chemicals in the region impacted by the "El Chirimoyo" the waste disposal site in the Lajas area, Chota. Soil sampling was carried out during August 2023, obtaining 06 soil samples: 02 samples around the landfill, 03 samples within the study area, and 01 sample outside the area affected by the landfill as a control sample. The results indicated that there is physical and chemical degradation of the soil at El Chirimoyo landfill.Significant physical and chemical degradation has been identified due to the accumulation of hazardous and non-hazardous waste, such as broken glass, syringes, debris, pesticides, and textile waste, which generates environmental and sanitary risks. The physical properties of the impacted area include clayey texture, densities between 1.17 g/ml and 1.22 g/ml, and a field capacity ranging from 32.29% to 35.67%. Soil pH ranges from 7.5 to 7.8, with a constant cation exchange capacity of 0%. The electrical conductivity varies from 11.8 to 77.8 mS/m, and the organic matter content is between 3.1% and 5.4%. Available potassium ranges from 210.9 ppm to 1711.5 ppm, while available phosphorus ranges from 2.85 ppm to 13.24 ppm, underlining the severity of contamination and its impact on soil quality.



**Key words**: physical degradation, chemical degradation, soil, zone of influence, landfill.

# CAPITULO I

# INTRODUCCIÓN

## 1.1. Planteamiento del problema

Las ineficaces prácticas de gestión de los desechos sólidos tienen un impacto ambiental de vital importancia para la salud pública, pudiendo contaminar y causar enfermedades en las personas que viven cerca del botadero y también influir en factores ambientales y económicos de la comunidad cercana.

Los problemas referidos a los desechos sólidos dentro de la ciudad ubicada en Lajas son múltiples, como desechos sólidos por lo general, se depositan en un área de disposición final designada conocida como "vertedero", donde, en escenarios óptimos, puede haber oportunidades para clasificar y reciclar ciertas porciones de desechos y luego se queman los residuos. También, los residuos sólidos suelen ser arrojados al río Chotano sin tener en cuenta la contaminación ocasionada.

El botadero denominado “El Chirimoyo” se encuentra ubicado a 10 minutos de la localidad de Lajas, y es considerado como un problema ambiental para el aire, agua y suelo, debido a su estado y tiempo de funcionamiento. Los residuos sólidos son depositados en el vertedero pudiendo contener tóxicos que degradan el suelo como el Cromo VI (Cr), Níquel (Ni), Bromo (Br) y Hierro (Fe) y es probable que estos elementos estén migrando al suelo y generando la deterioración de aspectos físicos y químicos de la superficie en la región directa de influencia, además de posible contaminación por metales pesados que afectan

principalmente a la flora microbiana y por tanto la fertilidad del suelo para agricultura. Sin embargo, no existe información sobre el grado de impacto en el suelo producido por el botadero El Chirimoyo.

En este contexto, es fundamental llevar a cabo un análisis de caracterización físico-químico del suelo circundante al botadero y su área de influencia, lo que permitirá conocer el grado de impacto para adecuada elección estratégica para potenciar la administración definitivo de los desechos rígidos urbanos en la zona de Lajas.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el grado de degradación física y química del suelo de la zona de influencia del botadero "El Chirimoyo" en el distrito de Lajas-Chota?

## 1.3. Justificación de la investigación

La contaminación ambiental que afecta a diversas regiones y comunidades en nuestro país provoca un efecto adverso considerable en el bienestar y la satisfacción de la comunidad, lo que a su vez dificulta su desarrollo y prosperidad. Para abordar este problema de manera efectiva, es crucial tomar medidas inmediatas y sostenibles que reduzcan el impacto de la polución y salvaguarden el bienestar humano y los ecosistemas. Como mínimo tiempo, se deben realizar estudios para determinar la magnitud del problema por contaminación de aire, suelo y agua son fundamentales para una adecuada gestión ambiental. En este sentido conocer la situación actual de la superficie o suelo del vertedero a cielo abierto o botadero "El Chirimoyo" en la ciudad Lajas, Chota, debe ser preocupación tanto de las autoridades como de la comunidad.

Los botaderos no cuentan con infraestructura de recojo de lixiviados y capas de protección de suelos, por tanto, existe un gran riesgo de modificación de las propiedades

físicas y químicas de la capa superficial como resultado de los percolados y los metales tóxicos de los residuos en descomposición (López, 2018). El botadero de Lajas parece estar generando daños ambientales en los suelos circundantes, pero aún no se ha evaluado la magnitud de estos impactos. Por lo tanto, es crucial realizar un estudio exhaustivo sobre el impacto negativo del vertedero a cielo abierto o botadero de Lajas en la calidad de las superficies en la región. Este estudio permitirá determinar la extensión de los daños y tomar medidas correctivas para mitigarlos.

## 1.4. Objetivos de la investigación

### 1.4.1. *Objetivo general*

Determinar la degradación de la calidad del suelo de la zona de influencia del botadero “El Chirimoyo” en el distrito de Lajas, Chota.

### 1.4.2. *Objetivos específicos*

- Evaluar las propiedades físicas del suelo de la zona de influencia del botadero “El Chirimoyo”.
- Evaluar las propiedades químicas del suelo de la zona de influencia del botadero “El Chirimoyo”.

# CAPÍTULO II

# MARCO TEÓRICO

## 2.1. Antecedentes

### 2.1.1. *En todo el país o a escala nacional*

Calle y Gutiérrez (2021), investigaron las propiedades físicas y químicas de los suelos cercanos a botaderos municipales en Lima. Los resultados indicaron un deterioro en la textura y la disminución de los niveles de materia orgánica, así como una capacidad de intercambio catiónico reducida.

El estudio que realizó Apaza (2019) estudio que analizó la degradación física y química de los suelos cercanos a botaderos urbanos en Juliaca, se identificó que las prácticas de disposición final de residuos sólidos afectan las propiedades estructurales y químicas del suelo, con impactos negativos en su fertilidad y capacidad de retención hídrica.

Se evaluó que cómo los residuos sólidos depositados sin control degradan físicamente los suelos en zonas periurbanas. Las alteraciones incluyeron una compactación excesiva y una disminución en la capacidad de retención hídrica, además de cambios en los niveles de materia orgánica (Torres, 2020).

La investigación tiene como objetivo determinar el impacto ambiental del manejo de residuos sólidos en el botadero "El Porvenir", ubicado en el distrito El Tambo, se realizaron visitas de campo donde se utilizaron fichas de observación, monitoreo de suelo y encuestas a los habitantes cercanos para conocer su percepción sobre el impacto ambiental. Los

resultados muestran que el mal manejo de los residuos sólidos en el botadero genera impactos negativos en todos los componentes ambientales (Chucos, 2020).

López (2018), evaluó cómo los botaderos sin gestión adecuada de residuos sólidos afectan a la degradación física y química del suelo, las conclusiones destacaron la pérdida de nutrientes esenciales y una menor capacidad de intercambio catiónico debido a la infiltración de lixiviados en las áreas estudiadas.

### 2.1.2. *A nivel regional*

La investigación realizada por Saavedra (2021), describe la degradación de suelos causada por residuos sólidos en Cajamarca, se identificaron propiedades fisicoquímicas afectadas, destacando que la degradación hídrica es la más significativa, representando en promedio el 15.55% y los residuos más comunes incluyen orgánicos como alimentos y cocina, así como inorgánicos como papel, cartón y vidrio.

En la localidad rural de Rambrán, situada en la jurisdicción administrativa de Chota, en el departamento de Cajamarca, se encuentra un pequeño asentamiento, donde se evaluó el botadero de desechos sólidos y los resultados indicaron un efecto ambiental moderado tanto en el aire, el terreno, la vegetación, la fauna, el medio ambiente y la calidad de vida de las personas. Como no hay aguas superficiales cerca del botadero, el impacto en el agua subterránea fue mínimo (López, 2018).

En otro estudio realizado en la región de Chota para identificar las características físicas y geotécnicas de los desechos rígidos, se encontró que estos residuos estaban compuestos de un 60,3% de residuos orgánicos, 7,25% de residuos sanitarios, un 4,82% de madera y follaje y un 4,62% de bolsas plásticas (Rabanal, 2017).

## 2.2. Bases teóricos – científicas

### 2.2.1. *El suelo*

Está compuesto por 50% de material sólido y un 50% de espacio poroso. El material sólido está formado por partículas minerales (45%) y materia orgánica (5%). El espacio poroso está ocupado por agua y gas, en proporciones iguales (McClellan, 2020). Además, está conformado por limo y arcilla que interactúan con la materia orgánica (MO). El agua es un componente esencial del suelo y participa en una variedad de procesos importantes de transporte, erosión y disposición de materiales (Bronick y Lal, 2005).

El suelo provee nitrógeno, nutriente esencial para las plantas, y las bacterias se encargan de su fijación en el suelo (ONU, 2020). Los nutrientes que dispone el suelo pueden ser absorbidos en superficies de arcilla mineral, unidos con minerales de arcilla o compuestos orgánicos que se forman originado por la descomposición de organismos vivos. En el suelo terrestre, los nutrientes se combinan con el agua formándose una solución de suelo disponible para las plantas (Tamil Nadu Agricultural University, 2020).

### 2.2.2. *Procesos que pueden provocar la pérdida o degradación del suelo*

La degradación de suelo genera una pérdida de nutrientes y alteración de su estructura física y composición biológica, conllevando a una pérdida de fertilidad. La degradación del suelo se puede clasificar en dos tipos principales: natural, causada por procesos naturales, y antropogénica, causada por actividades humanas. La degradación antropogénica se puede dividir en tres mecanismos principales: industrial, urbano y agrícola (López, 2002; Conacher y Conacher, 1995).

La ocupación del suelo por infraestructura o la explotación de yacimientos son ejemplos de actividades que pueden degradar el suelo, estos contaminantes pueden infiltrarse en el suelo, afectando su calidad y fertilidad, y potencialmente dañando la salud humana y

el ecosistema. Las prácticas humanas inadecuadas, como la agricultura intensiva o el uso de técnicas de laboreo inapropiadas, el monocultivo, la sobre carga de ganado y la explotación forestal abusiva también son fuentes importantes de la degradación del suelo (López, 2002).

De acuerdo con López (2002), los procesos de degradación suelen poseer forma en las ciencias de la vida (química, física y biológica), siendo las siguientes:

- **Degradación física:** Proceso que implica el deterioro o pérdida de las cualidades y atributos físicos del suelo, tales como su estructura, textura, porosidad y permeabilidad, lo que afecta su capacidad para sostener la vida vegetal, filtrar agua y almacenar nutrientes esenciales.

- **Degradación química:** Proceso que afecta principalmente el nivel de contenido orgánico en el suelo generado principalmente por el lixiviación, acidificación y contaminación de sustancias y desechos líquidos y sólidos.

- **Degradación biológica**: Es un proceso que se produce principalmente por la reducción de la MO del suelo conllevando a la reducción o erradicación de las comunidades de fauna del suelo (bacterias, hongos, insectos, etc.).

### 2.2.3. *Propiedades químicas del suelo*

#### 2.2.3.1. **pH**

El nivel de acidez o basicidad del estrato superior del suelo se determina mediante la medición del pH en la solución terrestre. Este grado de acidez condiciona la absorción de sustancias nutritivas por los vegetales y la transformación de los compuestos orgánicos (Calle et al., 2011).

El nivel de acidez o alcalinidad de un fluido se cuantifica mediante la presencia de iones hidrogeno ($H^+$) e iones hidróxido ($OH^-$). Cuando la concentración de protones supera

a la de hidroxilos, la solución presenta propiedades ácidas; en cambio, si la cantidad de iones hidróxido es superior a la de iones hidrógeno, la solución es básica (Tabla 1). Cuando la proporción de protones y aniones hidroxilo es equitativa, la solución es neutra (Castillo, 2005).

**Tabla 1.**

*Descripción del nivel de acidez o basicidad del suelo***.**

| Evaluación de la concentración de protones en la disolución edáfica | Categoría |
|---|---|
| **Menor de 4** | Suelo con un pH inferior a 4,2 |
| **45 a 5,0** | Suelo con un pH entre 4,2 y 4,5 |
| **5,1 a 5,5** | Suelo con un pH entre 4,5 y 5,2 |
| **5,6 a 6,0** | Suelo con un pH entre 5,2 y 5,6 |
| **6,1 a 6,5** | Suelo con un pH entre 5,6 y 6,0 |
| **6,6 a 7,3** | Suelo con un pH de 6,0 |
| **7,4 a 7,8** | Suelo con un pH entre 6,0 y 6,4 |
| **7,9 a 8,4** | Suelo con un pH entre 6,4 y 7,2 |
| **8,5 a 9,0** | Suelo con un pH entre 7,2 y 8,4 |
| **> a 9,1** | Suelo con un pH superior a 8,4 |

Fuente: Edafología I (2011)

#### 2.2.3.2. **Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Es la habilidad de la superficie para retener una gran cantidad de nutrientes con carga positiva (Castillo, 2005). Hay varios métodos disponibles para evaluar la habilidad de las superficies para intercambiar cationes, que abarca la aptitud del suelo para retener y liberar iones con carga positiva evaluada a partir de la cantidad total de cationes intercambiables, así como la capacidad de intercambio de cationes (CIC) en función del pH de la capa superficial, la capacidad de intercambio de cationes (CIC) a un pH específico y la CIC en el punto de carga cero (Tabla 2). Estos métodos implican saturar el suelo con un catión para estimar simultáneamente cargas positivas y negativas. Sin embargo, estos métodos requieren múltiples lavados y centrifugaciones, lo que puede llevar mucho tiempo y mano de obra y provocar la pérdida de muestras. La técnica que emplea complejos de plata y tiourea

(AgTUn+) se presenta como una opción efectiva para estimar la facultad de reemplazo de cationes en el suelo. Este método no requiere lavados sucesivos y AgTUn+ no se encuentra de manera natural en la superficie. El procedimiento se fundamenta en la formación de complejos estables entre tiourea (TU) y complejos de plata y tiourea en diversos estados de coordinación (AgTU, AgTU2+, AgTU3+) mediante la creación de enlaces entre átomos de plata y átomos de azufre (Bugarín et al., 2017).

**Tabla 2.**

*Clasificación en la cantidad de nutrientes que un suelo es capaz de retener*

| Rango CIC en meq/100g superficie o suelo | Clasificación |
|---|---|
| **<5** | Nivel bajo |
| **5 – 15** | Mayor que el promedio |
| **15 – 25** | Óptimo |
| **25 – 40** | Excelente |
| **>40** | Suficiente |

Fuente: Castillo (205)

### 2.2.3.3. **Porcentaje de ocupación de bases**

La congestión de bases, medida en porcentaje, indica la concentración de iuones con carga positiva y comportamiento básico (Ca, Mg, Na y K) que ocupan una posición en las emulsiones de la superficie. Si el pH es 7 indica que el suelo es neutro por tanto esta saturación es del 100%, lo que significa sin átomos de hidrogeno ionizados en la estructura de los coloides (FAO 2021).

Como el grado de ocupación por cationes básicos se refiere a la proporción de lugares de trueques en la superficie que tienen cationes alcalinos esenciales como Ca, Mg, Na y K, la variación entre este porcentaje y 100 representa la proporción de lugares de intercambio ocupados por cationes ácidos ($Al^+$ y $H^+$). Generalmente, se considera beneficioso tener una saturación de bases considerablemente alta (>60%) casi siempre. A medida que se incrementa el nivel de saturación de bases en porcentaje, el pH de la superficie tiende a subir.

Las superficies con saturaciones de bases que oscilan entre el 70% y el 80% a menudo se asocian con niveles de pH superiores a 6,0 (Espinosa et al., s.f.).

#### 2.2.3.4. **Conductividad eléctrica**

El potencial de transmisión de electricidad (CE) refleja la simplicidad con la que con la que la electricidad circula a través de la superficie. Una CE alta indica que existe una elevada concentración de sales disueltas en el suelo. Estas sales pueden dañar las plantas, por lo que es importante medir la conductividad eléctrica del suelo antes de plantar (Pan et al. 2002).

Debido a que la CE varía con la temperatura, normalmente se toma en cuenta la temperatura al realizar mediciones a utilizar. En general la conductividad eléctrica se mide a 25 ºC (INTAGRI, 2017).

La CE del suelo se utiliza para evaluar el daño potencial que las sales del suelo pueden representar para las plantas. Esta medición se realiza utilizando una mezcla 1:2 de tierra y agua. Es importante señalar que la medición abarca todas las sales solubles, sin limitarse al NaCl o denominado sal (Espinosa et al., s.f.).

#### 2.2.3.5. **Materia orgánica**

Los componentes orgánicos (CO) en el suelo realizan diversas funciones, como mejorar la ventilación de la superficie y optimizar el drenaje y la percolación del agua y la facilitación del desplazamiento hacia abajo del agua. Además, las moléculas carbonadas con carácter acidificante generados a raíz de la putrefacción de los complejos orgánicos en la tierra, facilitan la solubilización del fósforo y otros nutrientes importantes, lo que los hace más accesibles y útiles para los cultivos (Fernández, 2019).

Los compuestos orgánicos (MO) son un elemento esencial para el suelo que desempeña diversas funciones importantes, incluida la conservación de nutrientes, la mejora de la organización física de las partículas edáficas, el control del pH, la gestión del contenido de agua y la acumulación de carbono. Los cuatro componentes esenciales de las biomoléculas constituyen los principales elementos de los compuestos orgánicos en la superficie, así como del azufre (S) y el fósforo (P) (Pascal et al. 2021).

Es necesario tomar medidas, además del control de la erosión y la utilización de fertilizantes orgánicos en casos donde el contenido de material orgánico en el horizonte superficial es ínfimo (4% a 6% según el tipo de suelo). En estas acciones se incluyen la plantación de árboles y arbustos que proporcionan una gran cantidad de hojarasca (Cruz-Macías 2020).

#### 2.2.3.6. **Potasio disponible**

Es un elemento cuantioso en la Tierra y se encuentra en la corteza terrestre, en las rocas y en los suelos. En los suelos, el potasio se encuentra principalmente en los minerales feldespatos (ortoclasa y microclino) y las micas (biotita y muscovita), son los minerales que contienen más potasio. En la porción de mayor superficie específica del suelo, el principal mineral portador de potasio es la illita (Gómez et al., s.f.). El potasio puede presentarse en el suelo de cuatro maneras distintas: en la solución de la superficie, en la arcilla, fijado entre los estratos arcillosos y los componentes minerales originarios del terreno. Estas formas están en equilibrio entre sí, y la cantidad de K en cada forma puede verse alterada por los procesos de absorción, fijación, inmovilización y meteorización lo que le dan la disponibilidad del potasio (Tabla 3) (Barrera et al., 2006).

**Tabla 3.**

*Tipos de suelos según disponibilidad de potasio***.**

| Concentración de potasio (meq/100g) | Clasificación |
|---|---|
| **<0,2** | Pobre |
| **0,2 – 0,3** | Medio |
| **>0,3** | Alto |

Fuente: Gutiérrez (2019).

### 2.2.3.7. **Fosforo disponible**

El fósforo (P) en la superficie se encuentra en dos modalidades: en la fracción acuosa y en las superficies de interacción del medio Edáfico. El nivel de fósforo en la solución es extremadamente bajo, de solo 0,05 ppm. Esta cantidad es de 102 a 103 veces menor que la cantidad de P que se encuentra en las superficies (Penn y Camberato 2019).

El fosforo presenta una reducida disponibilidad y desplazamiento en la matriz edáfica respecto a otros elementos nutritivos. Los índices de difusión del fosfato en la superficie generalmente varían entre 0,3 y 3,3 x 10-13 m2/s, y su nivel en el líquido de la superficie es aproximadamente de 0,02 ppm. En consecuencia, es necesaria una aplicación excesiva de fertilizantes fosforados para satisfacer la demanda sustancial de este nutriente por las plantas. En el suelo, el fósforo está en diversas formas, que pueden clasificarse como fosforo mineral o ligado a residuos orgánicos (Tabla 4). La disposición de las diferentes formas de fósforo en la superficie está determinada por aspectos como la clase de sustrato, su reacción acido-base, el tipo de plantas, la acción microbiana y la adición de fertilizantes (Kalayu 2019).

**Tabla 4.**

*Clasificación del suelo de acuerdo con el fosforo disponible***.**

| Intervalo de concentración de fósforo (meq/100g) en el suelo | Clasificación |
|---|---|
| **<0,2** | Pobre |
| **0,2 – 0,3** | Medio |
| **>0,3** | Alto |

Fuente: Gutiérrez (2019)

#### 2.2.3.8. **Nitrógeno**

El nitrógeno (N) es un elemento muy importante para los vegetales, y se encontra en la superficie en forma de amoníaco ($NH_3$), ion nitrato ($NO_3^-$) y nitrito ($NO_2^-$) (Organismo de las Naciones Unidas responsable de la alimentación y la agricultura, 2021). Este elemento es asimilable por la vegetación como ion de amonio en carga positiva ($NH_4^+$) y como anión nitrato. Sin embargo, la mayor fuente de nitrógeno en el suelo se presenta en una forma inorgánica que las plantas no pueden asimilar directamente y está disponible en forma de gas molecular ($N_2$) en la atmósfera, y otros gases en pequeña concentración (Tabla 5).

**Tabla 5.**

*Categorización de la cantidad de nitrógeno accesible en el suelo.*

| Rango (%) | Clasificación |
|---|---|
| **<0,07** | Pobre |
| **0,07 – 0,15** | Medio |
| **>0,15** | Alto |

Fuente: Castillo (2005).

### 2.2.4. *Propiedades físicas del suelo*

#### 2.2.4.1. **Textura del suelo**

Indicador que indica la composición granulométrica que incluye arena, limo y arcilla en la superficie y que define su capacidad productiva, así como su capacidad para conservar agua, su consistencia, la velocidad de infiltración y otros factores relacionados (Calle et al., 2011). Los granos arenosos superan los 0,05 mm de diámetro, las partículas limosas se encuentran entre 0,002 y 0,05 mm, y los componentes arcillosos son menores a 0,002 mm Gutiérrez (2019).

#### 2.2.4.2. **Estructura**

Esta propiedad depende de la manera en que están organizadas las arcillas, limo y arena, es decir, la estructura, el grado de desarrollo y las dimensiones del agregado. Influye

directamente en los procesos de aireación, movimiento del agua, crecimiento radicular, resistencia a la erosión y otros (Jiménez 2019).

#### 2.2.4.3. **Peso específico o densidad**

Es una propiedad importante de los materiales pues señala la cantidad de peso contenida en un volumen determinado. En el caso de los suelos, la densidad es importante para comprender su comportamiento físico y químico (Flores, 2019). Se tienen dos tipos de densidades:

- **La densidad real**: Parte sólida del suelo, es un valor casi constante ya que la mayoría de las partículas de arcilla mineral muestran un peso específico de 2,65 g/cm$^3$.
- **La densidad aparente:** Solo de un volumen específico de suelo, incluye tanto la parte sólida como la parte gaseosa. Para determinarla, se debe extraer una muestra de tamaño adecuado que garantice una representación fidedigna del volumen edáfico.

#### 2.2.4.4. **Porosidad**

La porosidad total es el espacio volumétrico de espacio disponible en la superficie, libre de componentes sólidos, tanto inorgánicos como orgánicos, sin distinción entre espacios ocupados por fase liquida o gaseosa (Little y Cooper, 2020).

El tamaño de las partículas de las superficies influye en la porosidad, ya que estas partículas como la arena, la arcilla y el limo, tienen diferentes tamaños. Las partículas más grandes, como las arenas, forman poros más grandes. Las partículas más pequeñas, como las arcillas, forman poros más pequeños (James 2019).

En términos generales, la mitad del volumen del terreno está ocupada por sólidos, de los cuales el 45% son minerales y el 5% restante es materia orgánica y el otro 50% está compuesto de espacio poroso. Se pueden encontrar macroporos y microporos dentro del

espacio poroso (Tabla 6), donde el líquido vital, los suplementos, el aire y los gases pueden desplazarse o quedar retenidos (FAO, 2021).

**Tabla 6.**

*Organización de los poros presentes en el suelo*

| Unidad (%) | Propiedades |
|---|---|
| **<40** | Muy bajo |
| **40 – 45** | Bajo |
| **45 – 55** | Medio |
| **55 – 65** | Alta |
| **>65** | Muy alta |

Fuente: Castillo (2005)

### 2.2.4.5. **Capacidad de campo**

La suficiencia del campo al contenido de agua guardado por el terreno después de haber sido saturado y permitido drenar sin restricciones, sin evapotranspiración, 24 y 48 horas después de la lluvia o el riego (FAO, 2021).

Se denomina punto de marchitez al nivel más bajo de agua que el sustrato terrestre es capaz de mantener cuando una planta ya no puede absorber agua, esto significa que, la planta está muriendo de sed, siendo útil la cantidad de agua disponible. Este parámetro se calcula restando el umbral mínimo de humedad aprovechable en relación con la capacidad de la superficie para retener agua. Una cantidad adecuada de agua útil es crucial para el crecimiento de las vegetaciones; por lo tanto, la textura y la estructura de la superficie influyen en el volumen de agua que puede retener. Los suelos finos, como las arcillas, pueden retener más agua que los suelos gruesos, como las arenas, debido a que las arcillas tienen una superficie mayor y más poros pequeños. Los suelos con una buena estructura también pueden retener más agua que los suelos con una mala estructura, debido a que los suelos con una buena estructura tienen más poros y son capaces de almacenar más agua (Portal Frutícola, 2018).

### 2.2.5. *Vertedero o vertedero de residuos sólidos al aire libre*

Un vertedero a cielo abierto, también conocido como botadero, es un lugar donde se acumulan y depositan desechos sólidos sin control, lo que es capaz de introducir sustancias contaminantes en el medio terrestre, acuático y aéreo, amenazando el bienestar de las personas y el equilibrio ecológico (Rodríguez 2022). Los botaderos son un problema ambiental grave que debe ser abordado de manera urgente (Cantanhede y Sandoval 2019).

### 2.2.6. *Residuos sólidos*

#### 2.2.6.1. **Concepto y clasificación**

los desechos en forma sólida son todo material que ha dejado de tener un uso para su propietario o productor, y que por lo tanto debe ser dispuesto de alguna manera. Estos residuos están compuestos de materiales que no han sido considerados de utilidad o valor por el generador, es decir son considerados inservibles. Aunque algunos residuos son intrínsecamente líquidos (como un empaque con aceite usado) son considerados como residuos sólidos porque son transportados en camiones y manejados como residuos sólidos (Rabanal, 2017). Los desechos sólidos se producen en procesos relacionados con la industria, el hogar, el comercio, las instituciones o los servicios. También se generan por eventos naturales (MINAM 2013). Según el MINAM (2020), referente a los desechos sólidos pueden clasificarse de la siguiente forma (Figura 1):

**Figura 1.**

*Clasificación de los desechos o residuos en materia sólida***.**

## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. *Degradación*

La degradación es un proceso complejo que ocurre cuando las actividades humanas afectan negativamente al valor del ambiente biofísico (Liu et al., 2022)

### 2.3.2. *Suelo*

La capa edáfica, que recubre la superficie terrestre, es un sistema trifásico integrado por partículas sólidas, agua y aire (Lehmann et al., 2020).

### 2.3.3. *Desechos rígidos*

Se trata de sustancias resultantes de las acciones antrópicas y éstos se encuentran tanto en estado sólido como en semisólido. Estos residuos pueden ser peligrosos o no

peligrosos, y deben ser gestionados adecuadamente para prevenir que provoquen daños a la salud y al entorno ambiental (Khan et al. 2022).

### 2.3.4. *Botadero*

Un vertedero o botadero es un sitio destinado para el depósito de residuos sólidos sin tratamiento ni normativa. Esto puede causar contaminación ambiental y riesgos para la salud (Siddiqua et al., 2022).

### 2.3.5. *Inadecuada disposición de residuos sólidos*

Se produce cuando no se cumple con las leyes vigentes. Esto incluye todos los procesos del sistema de residuos, que incluye desde su creación hasta su eliminación final. Incluye todas las fuentes de desecho, tanto económicas como sociales y de población (Vinti et al. 2021).

## 2.4. Formulación de la hipótesis

Existe una degradación física y química significativa del suelo de la zona de influencia del botadero “El Chirimoyo”.

## 2.5. Operacionalidad de indicadores o variables

Se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7.**

*Variables e indicadores*

| Variables | | Dimensiones | Indicadores | Unidad de medida |
|---|---|---|---|---|
| Variable independiente | Disposición de los residuos sólidos en la zona de influencia del botadero | Botadero | Tipos de residuos solidos | Adimensional |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Variable dependiente | Calidad del suelo | Propiedades físicas | • Textura del Suelo | |
| | | | • Densidad | % |
| | | | • Punto de Marchitez | % |
| | | | • Capacidad de Campo | ppm |
| | | Propiedades químicas | • pH | ppm |
| | | | • Carbonatos | mS/m |
| | | | • Materia orgánica (MO) | % |
| | | | • Fosforo (P) | % de arena, limo, arcilla. |
| | | | • Potasio (K) | g/cm3 |
| | | | • Conductividad eléctrica | % |

# CAPITULO III

# MARCO METODOLÓGICO

## 3.1. Tipo y nivel de investigación

### 3.1.1. *Tipo de investigación*

Con base en los datos que se recogerán, este estudio se clasifica como una investigación mixta porque combina datos cualitativos y cuantitativos para abordar de manera integral el problema de investigación. Los datos cuantitativos se obtienen mediante el análisis de propiedades físicas y químicas del suelo (textura, densidad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, potasio, fósforo, entre otros), lo que permite medir y comparar valores numéricos de los suelos muestreados, por otro lado, los datos cualitativos se recogen a través de observaciones directas del botadero y su entorno, como la descripción de los tipos de residuos presentes y su impacto visual y ambiental. Esta combinación permite no solo cuantificar los efectos en el suelo, sino también interpretar su contexto y significancia, enriqueciendo el análisis y las conclusiones.

### 3.1.2. *Nivel de investigación*

El nivel de investigación es de carácter esencial porque busca comprender y caracterizar las propiedades fundamentales del suelo en la zona de influencia del botadero, este nivel implica identificar y describir los elementos básicos que contribuyen a la degradación física y química del suelo, como el pH, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica y la textura del suelo, por ello, el estudio se centra en elementos esenciales y descriptivos para evaluar el impacto ambiental del botadero.

## 3.2. Diseño de investigación

El enfoque de la investigación es de naturaleza explicativa. Las investigaciones explicativas tienen como fin responder a la pregunta "¿por qué?". Este tipo de investigación propone explicaciones que pueden ser probadas y verificadas por otros investigadores. Conllevando a utilizar un método estructurado para reunir y examinar información, con el objetivo de confirmar la validez de una teoría, con el fin de ampliar su uso para llegar a nuevos temas y áreas (Abreu, 2012). La investigación explicativa va más allá de describir la relación entre variables, pues su intención es averiguar los motivos que se producen por diversos problemas, para poder prevenirlos y al porqué de su existencia, o de dos más variables están vinculadas (Cazau, 2006).

## 3.3. Método de investigación

El método de investigación está basado en la hipótesis y la deducción porque parte de una hipótesis que guía el análisis del impacto del botadero en la degradación física y química del suelo, el cual utiliza razonamiento deductivo, pasando de conceptos generales sobre degradación del suelo a datos específicos obtenidos en el área de estudio.

### 3.3.1. *Lugar de estudio*

El campo de investigación está situado dentro de la jurisdicción de Lajas, ubicada en la demarcación provincial de Chota, departamento de Cajamarca, situado a una elevación de 2137 metros de altitud. El vertedero El 'Chirimoyo' está situado a 2,23 kilómetros de la localidad de Lajas, en las coordenadas UTM, WGS84, zona 17L: 750201 E, 750201 N, a 2255 msnm (Figura 2).

## 3.4. Población, muestra y muestreo

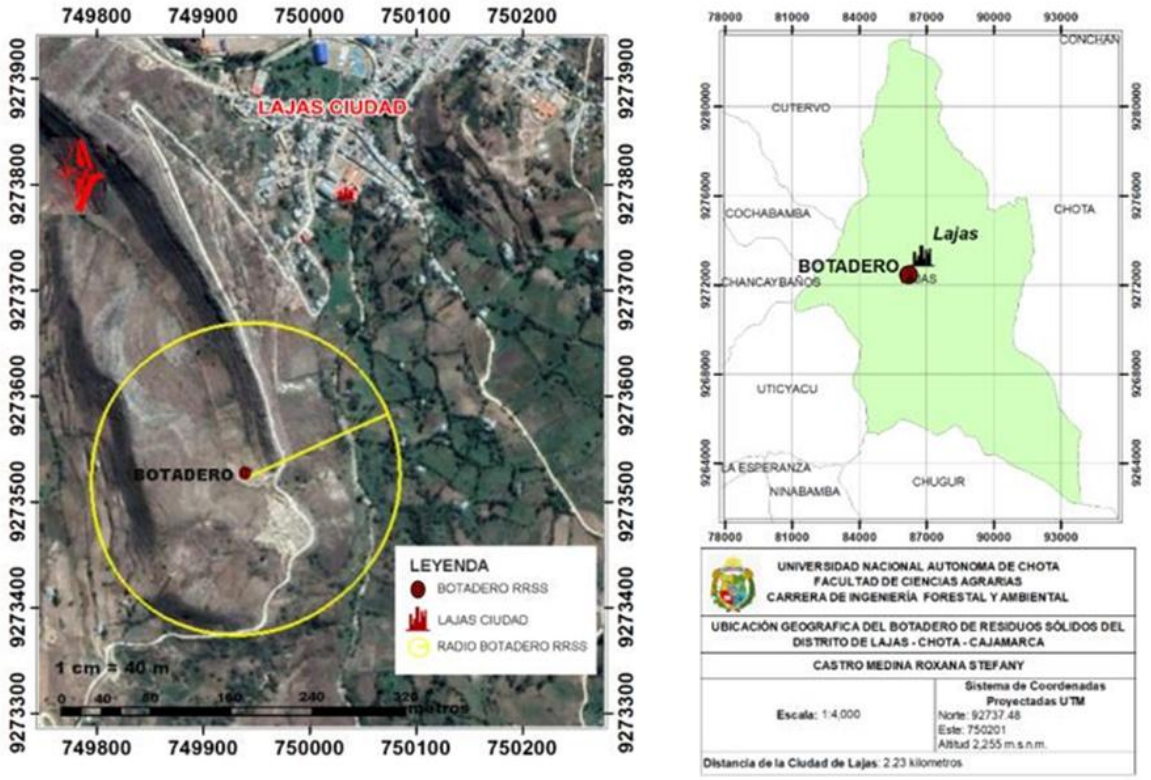
- **Población.** Es la zona de influencia del vertedero "El Chirimoyo" en el distrito de Lajas, en un radio de 300 m, con una extensión total de 28 ha.

- **Muestra**: Es el área del radio desde el botadero al perímetro de la zona de influencia.

- **Muestreo**: En el radio de la zona de influencia se colectaron 06 muestras de suelo: 02 muestras alrededor del botadero, 03 muestras a lo largo del radio del área de influencia, y 01 muestra fuera del área de influencia. Cada muestra de suelo consistió de una mezcla de 03 submuestras de suelo colectadas alrededor de cada punto de inspección

**Figura 2.**

*Ubicación del botadero de "El Chirimoyo" en el distrito de Lajas.*




## 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 3.5.1. *Técnicas de recolección de datos*

#### 3.5.1.1. **Puntos de tomas de muestras de suelo**

Se muestrearon 06 puntos en el área del botadero, ubicados de tal forma que fueron representativos de las condiciones del suelo del botadero y del área de influencia.

- **Muestra** 1: Al ingreso del botadero que corresponde a la parte alta.
- **Muestra 2**: En la parte más baja del botadero, para evaluar efectos de la lixiviación y erosión de las partes más altas.
- **Muestra 3**: En la zona afectada, a 100 metros del vertedero.
- **Muestra 4**: En la zona afectada, a 200 metros del vertedero.
- **Muestra 5**: En la zona afectada, a 300 metros del vertedero.
- **Muestra 6**: En la zona afectada, a 500 metros del vertedero, para usar como muestra control o testigo.

### 3.5.2. *Procedimiento para la recolección de muestras de suelo*

Para obtener muestras de la superficie, se empleó el siguiente procedimiento:

1. Se prepararon los materiales necesarios (materiales de campo y equipo de protección personal, señalados arriba) para la recolección de fracciones del perfil del suelo.
2. Se empleó el equipo de protección individual.
3. Se examinó el área para llevar a cabo la verificación y señalización de los lugares donde se tomarán las muestras.
4. Seguidamente, para recolectar muestras en cada punto, se emplearon los equipos adecuados, incluyendo un barreno, una pala, una bolsa de plástico y un balde.
5. En cada punto de muestreo, se extrajeron 03 submuestras de suelo entre 20 y 30 cm de profundidad, luego estas muestras fueron colocadas en un balde (de 15 L) y se mezclaron para homogenizar.

6. Se tomó una muestra de 350 g de superficie de la muestra homogenizada, se guardó en una bolsa de polímero cerrada hermética y se etiquetó.

7. Posteriormente, los ejemplares recolectados se trasladaron a un laboratorio experto en evaluación de matrices terrestres y acuosas del INIA para llevar a cabo los análisis necesarios

### 3.5.3. *Herramientas para la recopilación de datos*

Los resultados por análisis en laboratorio se sistematizaron según formato por análisis de suelos (Anexo 02). Por otro lado, se siguió la guía de observación (Anexo 03) para describir la situación en el botadero. Esta información fue de utilidad para complementar el análisis. En esta sección, se detallan los materiales de campo empleados en el estudio.

#### 3.5.3.1. **Material de Campo.**

- Saca muestras
- Palas
- Bolsas de plástico para toma de muestras
- Balanza
- Recipientes (balde)
- Hoja de formatos
- Guantes de goma
- Cooler o maletín resistente para transportar las muestras
- Material de escritorio
- Lápices, lapiceros, hojas con el registro de observación impresos.
- Equipo de protección personal
- Mascarilla, guantes, protector facial durante el transporte.

## 3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

### 3.6.1. *Técnicas de procesamiento*

El conocimiento fue clasificado, organizado y analizado utilizando hojas de cálculo de Excel, para cada elemento evaluado y ubicación especifica de muestreo. Se efectuaron gráficos para comparación descriptiva de las propiedades de los suelos del vertedero y su zona de influencia, y suelo control.

### 3.6.2. *Análisis de datos*

También se analizaron la relación entre las variables, mediante gráficos de dispersión y cálculo de los coeficientes de correlación ($R^2$) entre las diversas variables e indicadores de los resultados de los estudios de la superficie usando planillas y estadística de Microsoft Excel.

## 3.7. Aspectos éticos

La investigación aplicó normas de estudios fundamentales establecidos por la UNAC. Dentro de estos lineamientos se consideran:

Arranque de beneficio: Se procuró obtener el mayor beneficio posible para la comunidad, obteniendo información de la degradación física y química del área causada por el vertedero “El Chirimoyo”.

Arranque de no causar daño: Se garantizó la ausencia de daños físicos y morales por parte de la investigadora hacia las comunidades locales aledañas al botadero.

Principio de autonomía: Este trabajo aplicó la ética de autoría por medio de la aprobación y cooperación libre, confirmada a través de la provisión del consentimiento informado.

# CAPÍTULO IV

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. Resultados

### 4.1.1. *Propiedades físicas del suelo de la zona de influencia del botadero "El Chirimoyo"*

Los hallazgos respecto a las características físicas de la superficie en el vertedero "El Chirimoyo" describen el análisis de textura en proporción de arena, limo y arcilla, junto con los parámetros relacionados con el agua tales como la suficiencia de campo, punto de marchitez, agua disponible y consistencia aparente para cada punto evaluados, total 06 muestras obtenidas (Tabla 8).

Los suelos de todos los puntos muestreados fueron arcillosos, esto sugiere una homogeneidad en la textura del suelo a lo largo de las diferentes zonas del botadero, con una composición mayoritaria de arcilla que puede influir en sus atributos físicas y químicas, entre ellas, la porosidad efectiva, la destreza para retener líquido y la habilidad para intercambiar cationes. En cuanto a los parámetros hídricos, los índices de capacidad de terreno variaron de 32,29 a 35,67%; el punto de marchitez vario de 18,67 a 20,80%; el agua disponible en la superficie fue de 13,62 a 14,87%; y la masa o densidad aparente fue de 1,17 a 1,22 g/ml (Tabla 8).

**Tabla 8.**

*Características físicas del suelo del botadero "El Chirimoyo".*

| Ensayo | Unidad | Parte alta del botadero (B0) | Parte baja del Botadero (B50) | Área de influencia a 100 m (B100) | Área de influencia a 200 m (B200) | Área de influencia a 300 m (B300) | Testigo o Control (B500) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Análisis de textura:** | | | | | | | |
| Arena | % | 24 | 18 | 18 | 20 | 22 | 22 |
| Limo | % | 54 | 62 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| Arcilla | % | 22 | 20 | 26 | 24 | 22 | 22 |
| Clase textural | --- | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso |
| **Parámetros hídricos:** | | | | | | | |
| capacidad de la tierra para retener agua | % | 32,29 | 35,67 | 33,76 | 33,48 | 33,20 | 33,20 |
| punto de marchitez permanente | % | 18,67 | 20,80 | 19,60 | 19,42 | 19,25 | 19,25 |
| agua accesible | % | 13,62 | 14,87 | 14,16 | 14,06 | 13,95 | 13,95 |
| Masa por unidad volumen o densidad aparente | g/ml | l,22 | l,17 | l,19 | l,20 | l,21 | 1,21 |

### 4.1.2. *Características químicas del suelo en la zona impactada por el botadero "El Chirimoyo".*

Los atributos químicos o cualidades inherentes del suelo de botadero "El Chirimoyo" evaluados fueron pH, carbonatos, materia orgánica, fosforo, potasio, nitrógeno, y conductividad eléctrica, para los 06 puntos muestreados (Tabla 9).

El pH del suelo varió de 7,5 a 7,8, con una ligera variación en la zona 1 o parte alta del botadero (B0). La zona B0 presentó también el menor valor en carbonatos (0,3%) y el mayor valor en MO (5,4%) comparado con las demás zonas que variaron de 5,5 a 9,8% en carbonatos y de 3,1 a 3,9% en MO (Tabla 9).

Las zonas muestreadas B0, B50 y B100 tuvieron valores de fósforo de 7,83 a 13,24 mayores a los registrados en las áreas de influencia más alejadas (B200, B300 y B500) que

variaron de 3,1 a 3,9 ppm; similar a lo registrado con el nivel de potasio (K), sin embargo, en K, la zona B0 presentó los mayores resultados, con 1711,5 ppm comparado con el control o B500 con apenas 210,9 ppm. Esto también se observó con conductividad eléctrica, de 77,8 ppm para la B0 y de 11,8 a 13,6 mS/m para las demás zonas (Tabla 9).

**Tabla 9.**

*Características químicas del suelo del botadero "El Chirimoyo".*

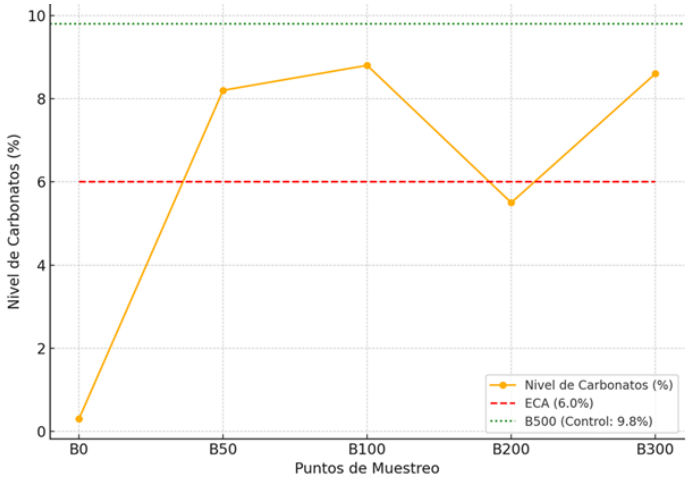
| Ensayo | Unidad | Parte alta del botadero (B0) | Parte baja del Botadero (B50) | zona de impacto a 100 m (B100) | zona de impacto a 200 m (B200) | zona de impacto a 300 m (B300) | Testigo o Control (B500) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ácido-base balance o pH | pH | 7,5 | 7,7 | 7,8 | 7,7 | 7,8 | 7,8 |
| Carbonatos | % | 0,3 | 8,2 | 8,8 | 5,5 | 8,6 | 9,8 |
| material orgánico (MO) | % | 5,4 | 3,2 | 3,9 | 3,6 | 3,2 | 3,1 |
| Fosforo (P) | Ppm | 7,83 | 13,24 | 10,00 | 3,79 | 3,25 | 2,85 |
| Potasio (K) | Ppm | 1711,5 | 607,1 | 542,8 | 307,6 | 266,8 | 210,9 |
| Conductividad eléctrica (CE) | mS/m | 77,8 | 13,6 | 12,6 | 11,8 | 11,9 | 11,8 |
| Nitrógeno (N) | % | 0,23 | 0,20 | 0,27 | 0,27 | 0,28 | 0,24 |

Los resultados de las muestras B0, B50, B100, B200, B300 de Carbonatos, Materia orgánica, Fosforo, Potasio y Conductividad eléctrica se comparan con el ECA y el control (B 500) para comparar los niveles de los diferentes puntos muestreados

La comparación de los niveles de carbonatos en los puntos de muestreo con el ECA (6.0%) y el punto de control B500 (9.8%), se observa que B50, B100, B200 y B300 superan el ECA, mientras que B0 está por debajo y el punto B500 presenta el nivel más alto, evidenciando mayor acumulación de carbonatos (Figura 1Figura 3). Esto refleja una alteración significativa en el suelo cercano al botadero.

**Figura 3.**

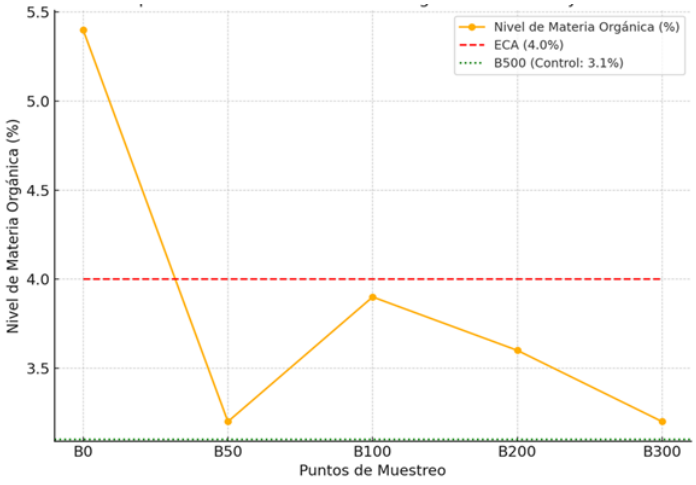
*Comparación del nivel de Carbonatos de los distintos puntos de muestreo del suelo del botadero con el punto de control y ECAs*




La muestra de suelo para la materia orgánica en el punto B0 supera el ECA (4.0%), indicando un nivel alto, mientras que los puntos B50, B100, B200 y B300 están por debajo, con niveles moderados o bajos y el punto de control (B500) (Figura 4**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) presenta el valor más bajo, esto refleja cómo la proximidad al botadero influye en la variación de materia orgánica en el suelo.

**Figura 4.**

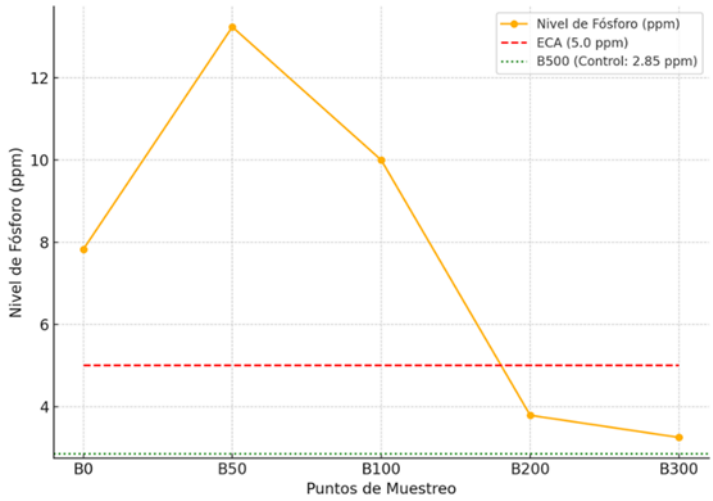
*Comparación del nivel de Materia Orgánica de los puntos de muestreo del suelo del botadero*



Para el fósforo en los puntos B0, B50 y B100 tienen niveles superiores al ECA (5.0 ppm), indicando una acumulación significativa en esas áreas y los puntos B200 y B300 están por debajo del ECA, al igual que el punto de control (B500) como se muestra en la Figura 5, que registra el nivel más bajo, esto evidencia una mayor concentración de fósforo en las zonas más cercanas al botadero.

**Figura 5.**

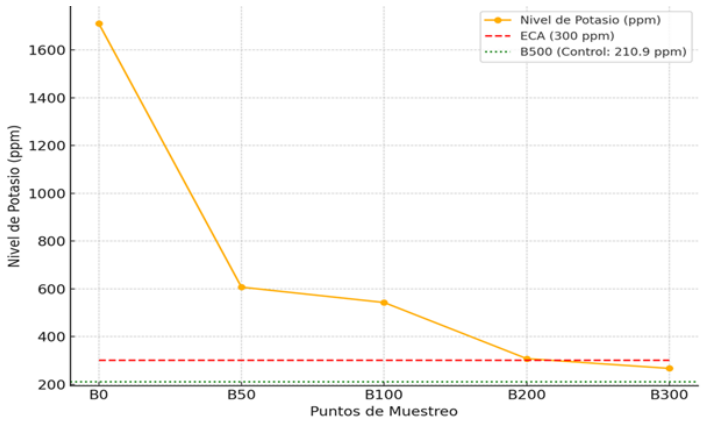
*Comparación del nivel de Fosforo en los distintos puntos de muestreo del suelo del botadero*




En el referente al potasio, en los puntos B0, B50 y B100 superan significativamente el ECA (300 ppm), con el punto B0 registrando el nivel más alto y los puntos B200 y B300 están cerca del ECA, mientras que el punto de control (B500) presenta el nivel más bajo (Figura 6), indicando una disminución progresiva del potasio conforme aumenta la distancia al botadero.

**Figura 6.**

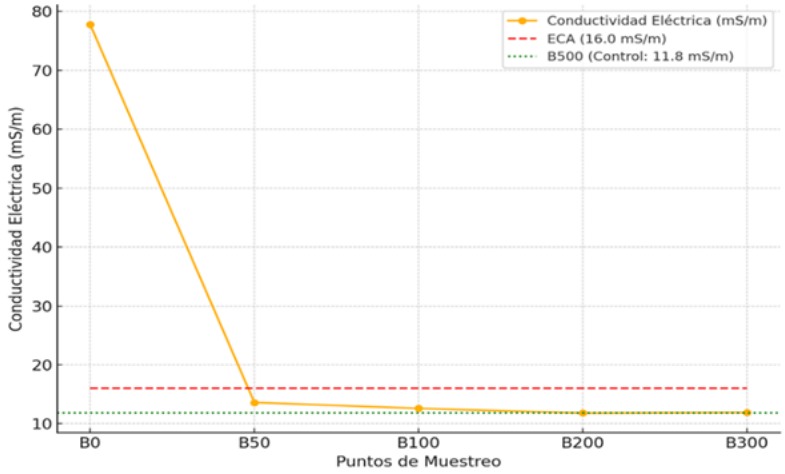
*Comparación del nivel de Potasio en los distintos puntos de muestreo del suelo del botadero*




Para la conductividad eléctrica, se muestra que el punto B0 supera ampliamente el ECA (16.0 mS/m), indicando alta conductividad eléctrica, mientras que los puntos B50, B100, B200, B300 y el punto de control (B500) están por debajo del ECA (Figura 7), con valores similares y esto evidencia que el impacto es mayor en las áreas más cercanas al botadero.

**Figura 7.**

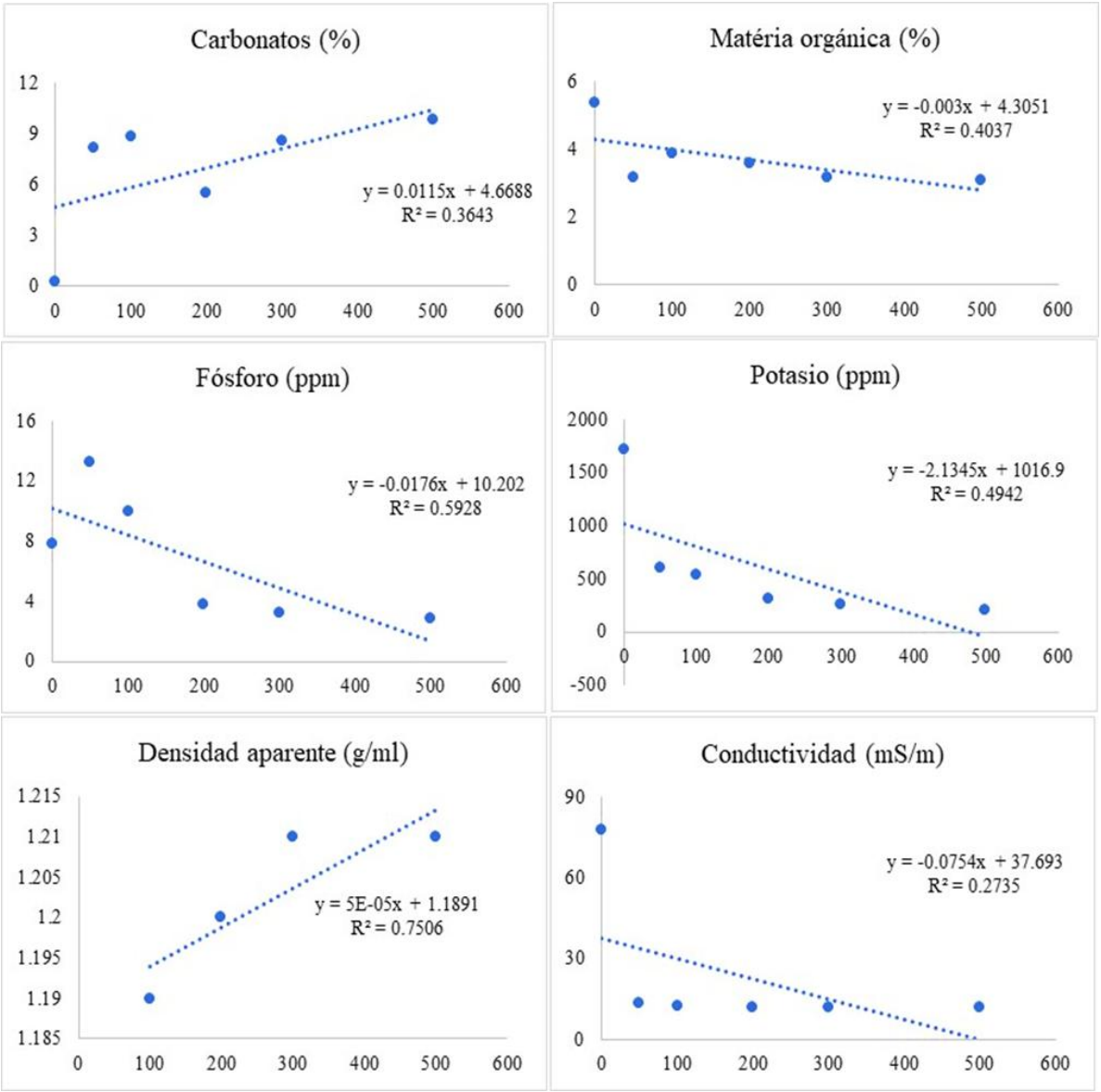
*Comparación del nivel de Conductividad eléctrica de las zonas de muestreo del suelo del botadero*



También se examinó la relación entre las variables más representativas con la distancia de las zonas muestreadas con la finalidad de observar si a mayor distancia del local del botadero las concentraciones aumentan o disminuyen (Figura 8).

**Figura 8.**

*Conexión entre los atributos estructurales y composicionales de la tierra en el botadero "El Chirimoyo"*




Los gráficos de dispersión y regresión lineal muestran que sí existe relación lineal en algunas características del suelo. La densidad aparente (masa por unidad de volumen) incrementó significativamente con la distancia al botadero ($r^2 = 0{,}75, p < 0{,}05$),

similarmente los carbonatos presentaron un patrón de incremento a mayor distancia del botadero ($r^2 = 0{,}36, p < 0{,}05$). Otras variables, como el material biológico, fósforo, potasio, y conductividad, disminuyeron significativamente cuanto más alejado del botadero ($r^2\ entre\ 0{,}27\ y\ 0{,}59, p < 0{,}05$) (Figura 8).

El análisis estadístico de las propiedades del suelo son las siguientes:

**Tabla 10.**

*Análisis estadístico de las propiedades del suelo.*

| Propiedades | Media | Desviación Estándar | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|---|---|
| pH | 7.72 | 0.12 | 7.50 | 7.80 |
| Carbonatos (%) | 6.87 | 3.48 | 0.30 | 9.80 |
| Materia Orgánica (%) | 3.73 | 0.85 | 3.10 | 5.40 |
| Fósforo (ppm) | 6.16 | 4.08 | 2.85 | 13.24 |
| Potasio (ppm) | 607.78 | 541.89 | 210.90 | 1711.50 |
| Conductividad Eléctrica | 23.25 | 26.56 | 11.80 | 77.80 |
| Arena (%) | 20.67 | 2.73 | 18.00 | 24.00 |
| Limo (%) | 56.67 | 3.27 | 54.00 | 62.00 |
| Arcilla (%) | 22.67 | 2.32 | 20.00 | 26.00 |
| Capacidad de campo (%) | 33.60 | 1.19 | 32.29 | 35.67 |
| Punto de marchitez (%) | 19.50 | 0.84 | 18.67 | 20.80 |
| Agua disponible (%) | 14.10 | 0.41 | 13.62 | 14.87 |
| Densidad Aparente (g/ml) | 1.20 | 0.02 | 1.17 | 1.22 |

He realizado el análisis estadístico comparativo entre los puntos B0 y B500 que son los siguientes resultados:

**Tabla 11.**

*Análisis estadístico comparativo entre los puntos B0 y B500.*

| Propiedades | T- Statistic | P- Value | Significancia (P<0.05) | Interpretación |
|---|---|---|---|---|
| pH | -1.00 | 0.32 | No | No hay una diferencia significativa entre las muestras B0 y B500 en el nivel de pH (P > 0.05). |
| Carbonatos (%) | -15.94 | 0.00 | Si | Existe una diferencia significativa entre las muestras B0 y B500 en el porcentaje de carbonatos. La muestra B500 tiene un contenido mucho mayor que B0 (P < 0.05). |
| Materia Orgánica (%) | 5.83 | 0.02 | Si | Hay una diferencia significativa en el contenido de materia orgánica. La muestra B0 tiene un porcentaje más alto que B500 (P < 0.05). |
| Fósforo (ppm) | 6.01 | 0.02 | Si | Existe una diferencia significativa en la cantidad de fósforo entre las muestras, con una mayor concentración en B0 (P < 0.05). |
| Potasio (ppm) | 13.73 | 0.00 | Si | La diferencia en la concentración de potasio es altamente significativa, siendo mucho mayor en B0 que en B500 (P < 0.05). |
| Conductividad Eléctrica | 12.61 | 0.00 | Si | Se muestra una diferencia significativa entre las muestras, siendo más alta en B0 (P < 0.05). |
| Arena (%) | 1.00 | 0.32 | No | No se encontró una diferencia significativa en el contenido de arena entre B0 y B500 (P > 0.05). |
| Limo (%) | -1.00 | 0.32 | No | No hay diferencias significativas en el contenido de limo entre ambas muestras (P > 0.05). |
| Arcilla (%) | 0.00 | 1.00 | No | Tampoco se observa una diferencia significativa en el contenido de arcilla entre las muestras (P > 0.05). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Capacidad de campo (%) | -2.02 | 0.16 | No | No se detecta una diferencia significativa en la capacidad de campo entre B0 y B500 (P > 0.05). |
| Punto de marchitez (%) | -3.41 | 0.08 | No | Aunque hay cierta variación, la diferencia en el punto de marchitez no es estadísticamente significativa (P > 0.05). |
| Agua disponible (%) | -1.94 | 0.18 | No | No se encontró una diferencia significativa en la cantidad de agua disponible entre las muestras (P > 0.05). |
| Densidad Aparente (g/ml) | 33.00 | 0.02 | Si | Existe una diferencia significativa en la densidad aparente, siendo ligeramente mayor en B0 (P < 0.05). |

### 4.1.3. *Contrastación de hipótesis*

Los resultados y la comparación con el D.S. 016-2009-AG que define la calidad del suelo (MIDAGRI, 2009) indican que SE ACEPTA la hipótesis: Existe una degradación importante de las cualidades tangibles e intangibles que caracterizan la superficie en la zona impactada por el vertedero “El Chirimoyo”, conforme a los siguientes fundamentos:

#### 4.1.3.1. **Indicadores físicos y químicos del suelo**

Según el DS-016-2009-AG, el suelo del botadero en estudio es clasificada de la siguiente manera:

- Según el pH que varió entre 7.5 y 7.8 es considerada un suelo ligeramente ácido para todas las zonas muestreadas.
- Según la conductividad eléctrica (CE), el suelo de la zona alta del botadero (B0) es considerada como fuertemente afectada por sales y sodio debido al alto valor de conductividad (>16 mSm). El suelo de las demás zonas estudiadas es considerado

moderadamente afectado por sales y sodio ya que sus valores están entre 8 a 16 mS/m de CE.

La concentración de macronutrientes, como la materia orgánica y macronutrientes esenciales: P, K y N, indica sobre la fertilidad del suelo, que es clasificado en alta, media o baja según el D.S. 016-2009-AG (niveles de fertilidad como se indica en la Tabla), por lo que, las zonas. muestreadas se clasifican de la siguiente manera:

- En la zona alta del botadero (B0), el nivel de MO y K están en nivel bajo, por lo que, a pesar de que P está en un nivel medio (< 14 ppm), el suelo de esta zona está considerado como de baja fertilidad por el exceso de MO y K.

- Para las zonas 2 y 3 (B50 y B100) el nivel de K fue mayor de 240 (nivel bajo) y a pesar de que el MO fue 3,2 y 3,9 ppm (nivel medio) y P de 13,24 y 10,0 ppm (nivel medio) se considera a estas zonas con fertilidad baja, ya que, por lo menos uno de los contenidos es bajo, según el DS 016-2009-AG.

- Las zonas 4 y 5 (B200 y B300) a pesar de que tuvieron niveles de P menor de 7 ppm (nivel alto), MO entre 2 a 4 (nivel medio), el nivel de K fue mayor de 240 (nivel bajo), por lo que también son consideradas zonas de baja fertilidad.

- La zona 6 (control o B500) el nivel de MO (3,1) y el K (210,9 ppm) están en nivel medio, mientras que el P (2,85 ppm) en nivel alto; por lo que se les puede considerar a estas zonas como de media fertilidad, ya que uno de los contenidos está en el rango medio y en alto, según el D S 016-2009-AG.

**Tabla 12.**

*Parámetros de referencia para definir la fertilidad del suelo***.**

| Nivel de fertilidad | Materia orgánica (MO) | Fosforo (P) disponible (ppm) | Potasio (K) disponible (ppm) |
|---|---|---|---|
| **Alto** | Menor de 2 | Menor de 7 | Menor de 100 |
| **Medio** | 2 – 4 | 7 – 14 | 100 – 240 |
| **Bajo** | Mayor de 4 | Mayor de 14 | Mayor de 240 |

Fuente: DS-016-2009-AG.

## 4.2. Discusión

Basado en los resultados de las variables fisicoquímicas evaluadas en esta investigación, es posible indicar que, el suelo del botadero "El Chirimoyo" no es apto para cultivos por la baja fertilidad y el exceso de nutrientes que presenta por causa del lixiviado generado. A pesar de no haber analizado parámetros más específicos como metales pesados y otros parámetros orgánicos e inorgánicos de contaminación, es posible indicar que la contaminación del botadero "El Chirimoyo" afecta de gran manera la fertilidad del suelo de las zonas, hasta los 300 metros de distancia, comparado con la zona control (500 metros de distancia) que si presenta una fertilidad media.

El suelo del botadero "El Chirimoyo" es de textura arcillosa, es decir, las partículas son menores de 0,002 mm, lo que podría generar la baja velocidad del transporte de lixiviados debido a que la arcilla se humedece y crea una capa impermeable dificultando este transporte. Estos suelos arcillosos además retienen agua y cationes como K y Mg, entre otros, que ayudan al desarrollo de plantas cuando no están contaminados pero la contaminación genera exceso de estos nutrientes (Gisbert et al., 2010), como lo reportado en este estudio en el caso de potasio. Además, la habilidad para retener agua, la densidad e infiltración, porosidad y permeabilidad, son características físicas del suelo que son modificadas con la contaminación, causando una mayor habilidad de retención de agua en la capa superior, lo que influye en el potencial hídrico (Calderón-Medina, et al., 2018).

La textura de la superficie en el área de investigación, distintiva por su falta de impermeabilidad, desempeña una función crucial en la retención de líquidos observada en los indicadores hídricos del vertedero. La combinación de estas características del suelo, como su baja permeabilidad y alta capacidad para absorber agua, explicarían los niveles elevados de humedad y retención de agua registrados en el sitio, tal como la capacidad de campo (32,29 a 35,67%) punto de marchitez (18,67 a 20,80%) y agua disponible (13,62 a 14,87%). Sánchez (2021) evaluando espacios agrícolas del distrito de "El encanto de los Andes", se observó una capacidad de campo entre 19,29% y 30,98%, concluyendo que el suelo analizado mantiene una cantidad adecuada de agua útil para las plantas, además indica que este suelo tiene suficiente espacio poroso que permite la aireación para los microrganismos de la superficie.

La conductividad eléctrica (CE) en la zona alta (B0) fue de 77,8 ppm mientras que para las demás zonas la CE fue menor de 15 mS/m, esto indica que esta zona del botadero es fuertemente afectada por sales debido al alto valor de la CE, con esto se corrobora que esta zona no es apta para cultivos. El suelo de las demás zonas estudiadas es considerado moderadamente afectado por sales, según el DS 016-2009-AG, es decir, el crecimiento de plantas es inhibido por las sales que se encuentran y muy pocas plantas conseguirían adaptarse a estas condiciones. Diferentes resultados fueron registrados por Navarro (2023), quienes evaluaron los paramétricos físicos y químicos del botadero de Ilave, Puno, y registraron valores de conductividad inferiores a 1 mS/m, o ligeramente salinos, al igual que está registrado en este estudio. El autor señala que estos parámetros son importantes para medir el efecto ambiental negativo que causan los lixiviados en los botaderos.

Taboada & Lavado (2009) definen que el sodio predomina en suelos que son salinos, llamados también superficies contaminadas por sales, y es medido debido a la conductividad

eléctrica; en el caso de tierras con elevados niveles de carbonatos y bicarbonatos son llamados de suelos alcalinos. Como antes mencionado, para este estudio se considera que la zona B0 presenta suelo salino debido a los valores altos de conductividad registrado y también porque que se registraron valores bajos de carbonatos (0,3%), además, esta condición de alta conductividad se deba posiblemente a la presencia de sólidos disueltos que son generados del lixiviado del botadero (Durand et al., 2023). Las demás zonas presentaron niveles de carbonatos mayores de 5,5% y conductividad más bajo que la zona B0, sin embargo, los valores de CE fueron altos también en las demás zonas, según la clasificación de tipo de suelos del DS-016-2009-AG, por lo que también son considerados suelos salinos.

El contenido de macronutrientes, entre los que se encuentran la sustancia orgánica (MO) y los nutrientes primarios P, K y N, indicaron la baja fertilidad del suelo de la zona alta y baja del botadero (B0 y B50), así como para las zonas 3, 4 y 5 (B100, B200 y B300), con excepción de la zona control (B500) que se considera de fertilidad media. Durand et al., (2023) registró mayores valores de N y P que los registrados en el presente estudio (84,4 ppm y 71,6 ppm, respectivamente) con excepción de K (32,4 ppm), Datos similares al presente estudio, en contenido de P y K, también fueron registrados por Saavedra (2020), niveles medios para P (de 8.3 a 12.1 ppm) y altos para K (265 ppm). Los autores sugieren que esto podría ser resultado de la abundante cantidad de materia viva y la alta actividad bacteriana en el vertedero que contribuyen al incremento de estos nutrientes.

El fosforo (P) y el potasio (K) juegan papeles esenciales durante la evolución y progresión de los seres vivos verdes, intervienen en procesos fisiológicos, en la absorción de nutrientes y en la fotosíntesis. Su deficiencia genera bajo crecimiento, necrosis, retraso en la maduración entre otros problemas (Palomares., 2021). Los niveles óptimos de estos dos nutrientes están entre 20 a 50 ppm para P y de 195 ppm a 312 ppm para K, el exceso o la

falta de este nutriente podría deberse a diversos factores entre ellos la contaminación por lixiviados o derrame de petróleo (Ortega-Ramírez, et al., 2023). En este estudio se registró valores superiores a 312 ppm para K, y valores inferiores a 20 ppm para P, confirmando la intensidad de la contaminación del sustrato en el relleno sanitario debido a los percolados generados. Solís, et al. (2022) también registro valores altos de P y K (125,3 y 4200 ppm, respectivamente) evaluando los parámetros químicos del botadero Pampas Salinas de Huacho, indicando que esto se debe a la generación predominante de desechos orgánicos y el proceso de desintegración que libera estos nutrientes, los cuales se acumulan debido a la falta de vegetación para su absorción.

Rabanal (2017) determinó los residuos sólidos domiciliarios los cuales estaban compuestos principalmente de residuos orgánicos (>60%), en comparación con el botadero "El Chirimoyo" similar a lo registrado para este estudio, que, por observación directa, hubo un aproximado de 60% de restos orgánicos (anexo 05). Los atributos físicos de la superficie o del suelo encontradas por López (2018) del caserío Rambrán, botadero del distrito de Chota, según el método de Conesa, reveló que los factores ambientales se vieron afectados de manera moderada, pero que no hubo consecuencias significativas. Comparado el botadero de estudio "El Chirimoyo" los resultados indican una alteración en la fertilidad del suelo, que ira afectando en el tiempo a otras zonas cercanas al botadero con posibles consecuencias significativas si no se realizan planes de manejo adecuado para el descarte de residuos sólidos.

# CONCLUSIONES

Al analizar los datos obtenidos, se identificó una significativa degradación físico química debido a la presencia de una variedad de residuos peligrosos y no peligrosos, incluyendo vidrio roto, jeringas usadas, escombros de demolición y construcción, restos de animales, plaguicidas, baterías descartadas y desechos textiles, entre otros. Esta mezcla de residuos genera un riesgo ambiental y sanitario significativo.

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que el suelo en la zona de influencia del botadero "El Chirimoyo" no es apto para la agricultura, la contaminación ha degradado tanto las características físicas como químicas del suelo, reduciendo su fertilidad y convirtiéndolo en un terreno improductivo.

He observado que la contaminación proveniente del botadero ha afectado significativamente las propiedades físicas del suelo, especialmente su textura arcillosa y su capacidad de retención de agua. Los valores de densidad y capacidad de campo indican que el suelo no tiene las condiciones adecuadas para el desarrollo agrícola, lo que limita su productividad.

Se ha evidenciado un exceso de nutrientes como el potasio y el fósforo, así como una elevada conductividad eléctrica, que superan los niveles óptimos para los cultivos, también, el pH ácido del suelo contribuye a que este sea aún menos favorable para la agricultura, reduciendo su capacidad para sustentar el crecimiento vegetal.

Además de ser inadecuado para la agricultura, el suelo presenta un riesgo ambiental significativo. Es imperativo tomar medidas urgentes para mitigar los efectos de la contaminación y evitar un mayor deterioro en el futuro, protegiendo así el ecosistema circundante.

# RECOMENDACIONES

Se recomienda enfáticamente que las investigaciones de este tipo incluyan muestreos en diferentes condiciones climáticas, específicamente durante la época de lluvias y estiaje. Esto es crucial porque los datos obtenidos en una época pueden variar significativamente de los obtenidos en la otra, debido a los cambios en los patrones de flujo, sedimentación y otros factores ambientales. Al realizar mediciones en ambas épocas, se puede obtener un análisis más integral, preciso y representativo de la situación real, lo que permitirá tomar decisiones más informadas y efectivas.

Considero que las autoridades locales desarrollen e implementen un Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) que permita gestionar los residuos de manera eficiente, este plan debe incluir estrategias para minimizar la generación de residuos, promover el reciclaje y garantizar la disposición adecuada de los desechos en instalaciones diseñadas específicamente para este propósito. Además, es indispensable instalar geomembranas en el botadero "El Chirimoyo" y en otros botaderos de la región para evitar la filtración de lixiviados hacia el suelo, lo que ayudaría a reducir la contaminación química y protegería las capas subterráneas del suelo y el agua.

También se tendría que realizar campañas de sensibilización que fomenten la segregación de residuos sólidos en origen, ya que la población debe ser parte activa de la solución. Estas campañas no solo ayudarían a reducir la cantidad de residuos dispuestos en el botadero, sino que también contribuirían a generar una mayor conciencia ambiental

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Abreu, J. (2012). *Hipótesis, Método y Diseño de Investigación. International Journal of Good Conscience*, 7(2), 187-197. http://www.spentamexico.org/v7-n2/7(2)187-197.pdf.

Asencios, D. (2019) *Gestión de Residuos Sólidos en la Ciudad de Aucayacu, Región Huánuco – Perú* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Federico Villarreal. http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2768

Apaza, L. (2019) *Evaluación de la Contaminación de Suelos por Botaderos de Residuos sólidos en áreas urbanas de Juliaca y San Miguel*. Revista Peruana de Ciencias Ambientales, 15(2), 45-58.

Banco Interamericano de Desarrollo. (1997). *Guía para Evaluación de Impacto Ambiental Para Proyectos de Residuos Sólidos Municipales*. Recuperado de Ingeniero Ambiental: http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/eiaguiaresiduossolidos.pdf

Barber, S. (1995). Chemistry of soil-nutrient associations. En Barber, S. "*Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach*" (Segunda ed., págs. 9-48). John Wiley y Sons.

Bardales, J., de la Cruz, E., y Cabrera, C. (2015). *Manejo integral de residuos sólidos domiciliarios por medio de la segregación en la fuente en el distrito de San Luis*, Lima, Perú. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, *18*, 23-29. https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11673

Barrera, J., Díaz, B., Durango, J., Grandett, G. y Ramos, A. (2006). *Evaluación de las*

*diferentes formas de potasio en suelos de la zona platanera de Córdoba (Colombia)*. Agronomía Colombiana, 24(2), 334-339. https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/20047/21171

Bronick, C., y Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1/2), 3-22. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005

Bugarín, R., Galvis, A., Hernández, T., Pérez, A., Rodríguez, A., Vázquez, M. (2017). *Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata ($AgTU_n^+$)*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, *8*(1), 171-177. http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n1/2007-0934-remexca-8-01-171.pdf

Cazau, P. (2006). *Introducción a la Investigación en Ciencias, Sociales*. Recuperado de Universidad de Extremadura: http://alcazaba.unex.es/asg/400758/MATERIALES/INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20EN%20CC.SS.pdf

Calle, A., Maycotte, C., Mauro, F., Pereira, C., Restrepo, B. y Velarde, M. (2011). *Edafología I*. Espacio Gráfico Comunicaciones. https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf

Calle, J., y Gutiérrez, A. (2021). *Impacto de botaderos municipales en la degradación del suelo en zonas urbanas de Lima Metropolitana*. Revista Nacional de Investigación Ambiental, 19(4), 121-136.

Castillo, C. (2005). *Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cuscamá el Tuma - la Dalia Matagalpa, 2005*. Universidad Nacional Agraria. https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp35c352.pdf

Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., y Rojas-González, S. (2018). *Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta*. Orinoquia, 22(2): 141–157.

https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/524

Cerna, C., y Muñoz, P. (2020). Incidencia de la cultura ambiental en la recolección de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Moche-Perú. *Revista Livre de Sustentabilidade E Empreendedorismo, 5*(5). https://www.researchgate.net/publication/344075613_INCIDENCIA_DE_LA_CULTURA_AMBIENTAL_EN_LA_RECOLECCION_DE_RESIDUOS_SOLIDOS_DOMICILIARIOS_DEL_DISTRITO_DE_MOCHE_-_PERU

Conacher, A., y Conacher, J. (1995). *Rural Land Degradation in Australia*. Oxford University Press.

Contreras, M. (2008). *Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad: el caso de los desechos sólidos del municipio de Los Patios. Trabajo Social*, 10, 109-134. https://revistas.unal.edu.co/index.php/tsocial/article/view/14084

Chucos, A. (2020). *Impacto Ambiental del Manejo de Residuos Sólidos del Botadero "El Porvenir" – El Tambo*. Universidad Continental. Huancayo.

Decreto 1713. Diario Oficial No. 44.893. Colombia, 7 de agosto de 2002. http://abogadosrosaristas.org.co/2016/constitucion/actos_legislativos/2002/Actos%20legislativos/ACTO%20LEGISLATIVO%2002%20DE%202002.pdf?boxtype=pdf&g=false&s=false&s2=false&r=wide

Durand, E., Orna, E., Vallenas, M. 2023. *Estudio de parámetros físicos y químicos en el*

*suelo del botadero de Cancharani –Puno 2018*. Revista de investigación Universitaria B Universidad Nacional de Ucayali. 13(1): 925-937.

Espinosa, L., Mozaffari, M. y Slaton, N. (s.f.). *Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos*. University of Arkansas System. https://www.uaex.edu/publications/pdf/fsa-2118sp.pdf

Echeverri, J. (2018). *Dinámica del Fósforo en Suelo-Planta en Regiones Tropicales*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69611/39456768.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fernández, M. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*, *XLI* (2), 51-57. https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (septiembre de 2020). *Chapter 2 - Soil and Water*. Recuperado de Food and Agriculture Organization of the United Nations: http://www.fao.org/3/r4082e/r4082e03.htm

Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., y Garmendia, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Pearson Education.

Garrido, M. (1993). Interpretación de análisis de suelos. *Hojas Divulgadoras* (5), 1-40. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf

Gisbert, B., Ibañez, A., Moreno, R. (2010). *La Textura de un suelo.* Universidad Politécnica de Valencia. Texto informativo. 8 pp.

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gonzáles, M., Orozco, C., Pérez, A., Alfayate, J., y Rodríguez, F. (2004*). Contaminación ambiental: Una visión desde la química*. Editorial Paraninfo.

Gómez, L., Luters, L. y Moscatelli, G. (s.f.). *Niveles de disponibilidad y reservas de potasio en Argentina*. Instituto de Suelos. https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Sesion%20l.pdf

Huaraca, K., y Matos, A. (2009). *Caracterización de Residuos Domiciliarios del Distrito de Matucana.* Revista de Investigación Universitaria, *1*(1), 59-66. https://doi.org/10.17162/riu.v1i1.13

INTAGRI. (2017). *La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos*. Serie Suelos. Núm. 26. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos

Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.* Antioquia.

Ley N° 27314. Diario El Peruano, Lima, Perú, 20 de julio del 2000. https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos

López, C. (2018). *Efectos de los botaderos a cielo abierto en la calidad de suelos en zonas urbanas de Arequipa.* Revista Andina de Gestión Ambiental, 12(3), 23-35.

López, F. (1994). *Degradación del suelo, ¿fatalidad climática o mala gestión humana? Hacia una gestión sostenible del recurso en el contexto mediterráneo*. Papeles de Geografía, 20, 49-64. https://revistas.um.es/geografia/article/view/44371

López, R. (2002). *Degradación del suelo: Causas, procesos, evaluación e investigación.*

Segunda Edición. Universidad de los Andes. Venezuela.

López, M. (2018). *Impacto ambiental generado por el botadero de residuos sólidos en el caserío Rambran, distrito de Chota 2017*. Universidad César Vallejo. Chiclayo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28163/lopez_chm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

McClellan, T. (setiembre de 2020). *Soil Composition*. Recuperado de University of Hawaii at Manoa: https://www.ctahr.hawaii.edu/mauisoil/a_comp.aspx

MIDAGRI, Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2009). Decreto Supremo N° 016-2009-AG. https://www.midagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2009/3167-2-de-setiembre-de-2009

Ministerio del Ambiente. (2010). *Guía de Capacitación a Recicladores para su Inserción en los Programas de Formalización Municipal*. MINAM.

Ministerio del Ambiente. (2013). *Glosario de términos de uso frecuente en la gestión ambiental*. MINAM.

Ministerio del Ambiente. (setiembre de 2020b). *¿Qué son los ECA?* Recuperado de Ministerio del Ambiente: http://www.minam.gob.pe/estandares-de-calidad-ambiental/wp-content/uploads/sites/146/2017/06/Datos-sobre-los-ECA-1.pdf

Ministerio del Ambiente. (setiembre de 2020a). *Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y no Municipal 2013*. Recuperado de Red de Instituciones Especializadas en Capacitación para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos. https://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf

Nagendran, R., Selvan, A., Kurian, J. y Chiemchaisri, Ch. (2006). *Phytoremediation and*

*rehabilitation of municipal solid waste landfills and dumpsters: a brief review. Waste Management 26: 1357-1369*. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.05.003

Navarro, Y. (2023). *Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave, 2023*. Tesis para optar el título de ingeniero ambiental, Universidad Privada San Carlos, Puno, Perú. 83 pp.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2013). *La Fiscalización ambiental en Residuos Sólidos*. OEFA.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021). *Propiedades Químicas*. http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/

Ortega-Ramirez, A., Torres-López, C., Silva-Marrufo, O., Moreno-Barriga, L. 2023. *Validación sintética de suelos contaminados por hidrocarburos pesados*. Caso de estudio. Fuentes, el reventón energético, 21(1): 83-93.

Portal Frutícola (2018). *La capacidad de campo de un suelo: técnicas para su medición*. https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/01/25/la-capacidad-de-campo-de-un-suelo-tecnicas-para-su-medicion/

Rabanal, W. (2017). *Caracterización de los residuos sólidos de competencia municipal, que permitiría el diseño del relleno sanitario y la evaluación de impactos ambientales en la ciudad de Chota* [Tesis de titulación]. Universidad de Cajamarca. http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1919

Saavedra, K. (2020). *Contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero de Cuñumbuque, San Martín, 2019.* Trabajo de investigación para obtener el grado académico de ingeniero ambiental, Universidad César Vallejo, Tarapoto - Perú, 45 pp.

Saavedra, V. (2021). *Estudio de degradación de suelos por efecto de los residuos sólidos*. Tesis para optar el título de ingeniero ambiental, Universidad Privada del Norte, Cajamarca.

Sánchez, H., Reyes, C., y Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Universidad Ricardo Palma.

Sánchez, C. (2021). *Caracterización fisicoquímica de los suelos agrícolas contaminados con cadmio en el distrito de Leonor Ordoñez, provincia de Jauja, 2018.* Tesis para optar el título de ingeniero ambiental, Universidad Continental. 117 pp.

Sarmiento, A. (2015) *Caracterización del manejo de residuos sólidos en el Distrito de Desaguadero-Puno-Perú*. Revista de Investigación Altoandina, 17(1), 65-72. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5157113.pdf

Sadeghian, S. (2010) *Materia Orgánica: Componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros*. FNC – Cenicafé. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1113/3/libroMO.pdf

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (2009). *Manual de residuos sólidos*. SPDA.

Solís, H., Palacios-Obregón, M., Nivin-Quispe, K., Gonzales-Silva, F., et al. (2022). *Metales pesados y fertilidad del suelo en el botadero Pampas Salinas de Huacho*. Peruvian Agriculture Research, 4(2): 82-86.

Taboada, M., Lavado, R. (2009). *Alteraciones de la fertilidad de los suelos, el Halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones*. Editorial Facultad de Agronomia, Universidad de Buenos Aires. 178 pp.

Tamil Nadu Agricultural University. (Setiembre de 2020). *Soil colloids: properties, nature,*

*types and significance*. Recuperado de Tamil Nadu Agricultural University: http://eagri.org/eagri50/SSAC121/lec14.pdf

Torres, M. (2020). *Evaluación de la calidad de suelos en áreas de influencia de botaderos no controlados en la región de Puno*. Revista Peruana de Ciencias Ambientales, 17(2), 89-102.

Velásquez, A., y Aguirre, J. (1999). *Diagnóstico y Caracterización de los Residuos de Jalapa, Nueva Segovia*. Universidad Centroamericana de Managua, Nicaragua.

**ANEXOS**

**Anexo 1.** *Bosquejo estructurado de coherencia o matriz de consistencia*

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES E INDICADORES | METODOLOGÍA |
|---|---|---|---|---|
| GENERAL:<br><br>¿Cuál es la degradación física y química del suelo de la zona de influencia del botadero "El Chirimoyo" en el distrito de Lajas-Chota? | GENERAL:<br><br>Determinar la degradación de la calidad del suelo de la zona de influencia del botadero "El Chirimoyo" en el distrito de Lajas, Chota.<br><br>ESPECÍFICOS:<br><br>Evaluar las propiedades físicas del suelo de la zona de influencia del botadero "El Chirimoyo".<br><br>Evaluar las propiedades químicas del suelo de la zona de influencia del botadero "El Chirimoyo". | GENERAL:<br><br>HI: Existe una degradación física y química significativa del suelo de la zona de influencia del botadero el Chirimoyo. | VARIABLE INDEPENDIENTE<br><br>Disposición de los residuos sólidos en la zona de influencia del botadero<br><br>VARIABLES DEPENDIENTES<br><br>Calidad del suelo<br><br>INDICADORES<br>pH<br>Conductividad eléctrica<br>Carbonatos<br>Materia orgánica<br>Potasio disponible<br>Fosforo disponible<br>Nitrógeno<br>Textura del Suelo<br>Densidad<br>Capacidad de campo<br>Punto de marchitez<br>Agua disponible | El enfoque de estudio adoptado en este estudio es mixto, ya que combina métodos cualitativos (tipos de residuos) y cuantitativos (valores numéricos) para obtener una comprensión más completa del tema, la diferencia se basará principalmente en la comparación de los indicadores físicos y químicos.<br>Como prototipo o diseño del manuscrito es de tipo explicativo. Las investigaciones explicativas tienen como fin responder a la pregunta "¿por qué?". Este tipo de investigación elabora teorías y agrega valor a las predicciones y a los principios científicos. Esto lo logra utilizando el método científico para poder probar la evidencia, con el fin de ampliar su uso para llegar a nuevos temas y áreas (Abreu, 2012).<br>La investigación explicativa va más allá de describir la relación entre variables, pues su intención es indagar las causas de los problemas, tratando de dar una explicación al porqué de su existencia, o por qué dos más variables están vinculadas (Cazau, 2006). |

**Anexo 02:** *Guía de Observación Durante la Toma de Muestra*

| Mediciones | | | Suelo común | Muestra del botadero El Chirimoyo Lajas, Cajamarca |
|---|---|---|---|---|
| Análisis rápido | Textura | | | |
| | Presencia de caliza | | | |
| | Presencia de arcillas expansivas (esmectitas) | | | |
| Químicos | pH | pH medido en agua, en disolución 1/2 | | |
| | | Tipo | | |
| | | Observaciones | | |
| | Conductividad eléctrica | | | |
| | Compuestos orgánicos | Tipo de cultivo | | |
| | | Contenido medios | | |
| | | Elevar hasta | | |
| | Capacidad de intercambio catiónico (C.L.C.) v la saturación por bases (V) | C.L.C. total meq/100 g | | |
| | | Nivel | | |
| | | Observaciones | | |
| | Solución de saturación | | | |
| | Nutrientes para fertilización | | | |
| | Nitrógeno (N) | | | |
| | Fósforo | | | |
| | Potasio | | | |
| | Poluentes de la superficie | | | |
| Físico | Elementos gruesos | | | |
| | Capacidad de campo | | | |

Basado en el trabajo de Garrido (1993)

**Anexo 3:** *Guía de observación durante la toma de muestra.*

| I. Tipos de residuos encontrados | | Comentarios |
|---|---|---|
| 1 | Comunes | Vidrio, cartones, papel, restos orgánicos, plásticos |
| 2 | Hospitalarios | Ampollas, jeringas, agujas |
| 3 | Industrial | Escombros |
| 4 | De construcción | Escombros, ladrillos rotos |
| 5 | Agropecuario | Si |
| 6 | De actividades especiales | Restos de animales |
| 7 | De alcance no municipal | Restos de plaguicidas |
| 8 | riesgosos | Baterías, pinturas, pilas, etc. |
| 9 | No riesgosos | Restos textiles |
| II. Presencia de insectos | | Si, moscas y mosquitos |
| III. Presencia de roedores | | Si, ratones |
| IV. Clima (temperatura, velocidad de aire, presencia de nubes, etc.) | | Tº = 24ºC, si hay presencia de nubes |
| V. Acceso al botadero | | Para llegar al botadero, la carretera es trocha |
| VI. Tamaño del botadero (en m2) | | 300 $m^2$ |
| VII. Ambientes aledaños. | | |

(Creación propia, basada en la clasificación del Ministerio de Ambiente, 2010)

**Anexo 04.** *Resultados de análisis de laboratorio*

Instituto Nacional de Innovación Agraria

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 200**

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 200

## INFORME DE ENSAYO
N° 08555-23/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

### I. INFORMACIÓN GENERAL

| | |
|---|---|
| Cliente | : ROXANA STEFANY CASTRO MEDINA |
| Propietario / Productor | : ROXANA STEFANY CASTRO MEDINA |
| Dirección del cliente | : JR. GREGORIO MALCA N° 660 - CHOTA |
| Solicitado por | : Cliente |
| Muestreado por | : Cliente |
| Número de muestra(s) | : 06 muestras |
| Producto declarado | : Suelo Agrícola |
| Presentación de las muestras(s) | : Bolsas de plático oscura |
| Referencia del muestreo | : Reservado por el Cliente |
| Procedencia de muestra(s) | : LAJAS / CHOTA / CAJAMARCA |
| Fecha(s) de muestreo | : 20/07/2023 |
| Fecha de recepción de muestra(s) | : 31/07/2023 |
| Lugar de ensayo | : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares - LABSAF Baños del Inca |
| Fecha(s) de análisis | : 01/07/2023 |
| Cotización del servicio | : 236-23-BI |
| Fecha de emisión | : 08/08/2023 |

### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

| ITEM | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Código de Laboratorio | | | SU674-BI-23 | SU675-BI-24 | SU676-BI-25 | SU677-BI-26 | SU678-BI-27 | SU679-BI-23 |
| Matriz Analizada | | | Suelo | Suelo | Suelo | Suelo | Suelo | Suelo |
| Fecha de Muestreo | | | : 20/07/2023 | : 20/07/2023 | : 20/07/2023 | : 20/07/2023 | : 20/07/2023 | : 20/07/2023 |
| Hora de Inicio de Muestreo (h) | | | 13:00 | 13:20 | 14:40 | 15:10 | 15:30 | 15:50 |
| Condición de la muestra | | | Conservada | Conservada | Conservada | Conservada | Conservada | Conservada |
| Código/Identificación de la Muestra por el Cliente | | | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 | Punto 5 | Punto 6 |
| Ensayo | Unidad | LC | Resultados | | | | | |
| *pH* | unid. pH | 0,1 | 7,5 | 7,7 | 7,8 | 7,7 | 7,8 | 7,8 |
| *Acidez intercambiable (**)* | (Cmol/Kg) | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| *Aluminio (**)* | (Cmol/Kg) | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| *Carbonatos(**)* | % | -- | 0,3 | 8,2 | 8,8 | 5,5 | 8,6 | 9,8 |
| *Materia Orgánica* | % | 0,1 | 5,4 | 3,2 | 3,9 | 3,6 | 3,2 | 3,1 |
| *Fósforo (**)* | ppm | -- | 7,83 | 13,24 | 10,00 | 3,79 | 3,25 | 2,85 |
| *Potasio (**)* | ppm | -- | 1711,5 | 607,1 | 542,8 | 307,6 | 266,8 | 210,9 |
| *Conductividad Electrica* | mS/m | 0,1 | 77,8 | 13,6 | 12,6 | 11,8 | 11,9 | 11,8 |
| *Nitrogeno* | % | -- | 0,23 | 0,20 | 0,27 | 0,27 | 0,28 | 0,24 |
| Analisis de Textura | | | | | | | | |
| *Arena (**)* | % | -- | 24 | 18 | 18 | 20 | 22 | 22 |
| *Limo (**)* | % | -- | 54 | 62 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| *Arcilla (**)* | % | -- | 22 | 20 | 26 | 24 | 22 | 22 |
| *Clase Textural (**)* | --- | -- | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso |
| Parametros hidricos | | | | | | | | |
| *Capacidad de campo (**)* | % | -- | 32,29 | 35,67 | 33,76 | 33,48 | 33,20 | 33,20 |
| *Punto de marchitez (**)* | % | -- | 18,67 | 20,80 | 19,60 | 19,42 | 19,25 | 19,25 |
| *Agua disponible (**)* | % | -- | 13,62 | 14,87 | 14,16 | 14,06 | 13,95 | 13,95 |
| *Densidad aparente (**)* | g/ml | -- | 1,22 | 1,17 | 1,19 | 1,20 | 1,21 | 1,21 |

El Pro Suelos y Aguas LABSAF



Firmado digitalmente por: CABRERA HOYOS Hector Antonio FAU 20131368964 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 10/08/2023 12:03:07-0500

# INFORME DE ENSAYO
N° 08555-23/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

## III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA |
|---|---|
| pH | EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH. |
| Conductividad Eléctrica | ISO 11265, First Edition. 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity |
| Textura | Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). item 7.1.9 AS-09.2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos. |
| Acidez intercambiable | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). item 7.3.29 AS-33.2000. Determinación de la Acidez y Aluminio Intercambiable |
| Carbonatos | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). item 7.3.25 AS-29.2000. Determinación de Carbonatos de Calcio |
| Materia Orgánica | Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). item 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Organica por el método de Walkley y Black. |
| Fósforo | Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). item 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Organica por el método de Walkley y Black. |
| Potasio | Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). item 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Organica por el método de Walkley y Black. |

## IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C

(*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.
(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
(***) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

## V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: M. Sc.. Marieta Cervantes Peralta - Responsable del laboratorio del LABSAF Baños del Inca.

**FIN DE INFORME DE ENSAYO**

FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por:
CABRERA HOYOS Hector
Antonio FAU 20131365994 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 10/08/2023 12:03:18-0500

## INTERPRETACIONES DE RESULTADOS DE ANALISIS

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN VALOR DE PH**

| pH | Evaluación | Efectos |
|---|---|---|
| < 5.0 | Fuertemente ácido | Condiciones muy desfavorables. |
| 5.1 - 6.5 | Moderadamente ácido | Deficiente asimilación de algunos elementos |
| 6,6 - 7,3 | Neutro | Efectos tóxicos mínimos |
| 7.4 - 8.5 | Medianamente alcalino | Existencia de carbonato cálcico. Deficiente asimilación de algunos nutrientes |
| > 8.5 | Alcalino | Presencia de carbonato sódico. Poca asimilación de algunos nutrientes |

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL VALOR DE LA CONDUCTIVIDAD (CE)**

| CLASIFICACION | CE (mS/m) | Efectos |
|---|---|---|
| Normal | <100 | Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles pueden ser afectado en sus rendimientos. |
| Muy Ligeramente salino | 110 – 200 | Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos. |
| Moderadamente salino | 210 – 400 | Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos. |
| Suelo salino | 410 - 800 | El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad. |
| Fuertemente salino | 810 - 160 | Solo lo cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos. |
| **Muy fuertemente salino** | **> 160** | Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos. |

**Nota: 1 dS/m = 100 mS/m**

**MATERIA ORGANICA**

| Clasificación | %MO |
|---|---|
| Muy Bajo | <0.5 |
| Bajo | 0.6 - 1.5 |
| Medio | 1.6 – 3.5 |
| Alto | 3.6 - 6.0 |
| Muy Alto | > 6.0 |

**FÓSFORO**

| Clasificación | mg/kg de P |
|---|---|
| Bajo | <5.5 |
| Medio | 6.5 - 11 |
| Alto | >11 |

**CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO**

| Clasificación | CIC (Cmol/Kg suelo) | Efectos |
|---|---|---|
| Muy Bajo | < 5.0 | Suelo muy pobre |
| Bajo | 5.0 - 15 | Suelo pobre |
| Medio | 15 - 25 | Suelo medio |
| Alto | 25 - 40 | Suelo rico |
| Muy Alto | > 40 | Suelo muy rico |

**Nota: 1 Cmol/Kg = meq/100 g**

**CATIONES INTERCAMBIABLES (Ca, Mg, K Cmol/kg)**

| Clase | Calcio (Ca) | Magnesio (Mg) | Potasio (K) |
|---|---|---|---|
| Muy Baja | <2.0 | <0.5 | <0.2 |
| Baja | 2.0 - 5.0 | 0.5 - 1.3 | 0.2 - 0.3 |
| Media | 5.0 - 10 | 1.3 - 3.0 | 0.3 - 0.6 |
| Alta | >10 | >3.0 | >0.6 |

**Nota: 1 Cmol/Kg = meq/100 g**

**SATURACIÓN DE BASES CAMBIABLES**

| Calificativo | Saturación de Bases (%) | Efectos |
|---|---|---|
| Bajo | < 35 | Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza. |
| Medio | 35 – 80 | Suelo medio. Su riqueza dependerá de la CIC. |
| Alto | > 80 | Suelo neutro a alcalino. Suelo saturado de bases. |

***Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002)***

Firmado digitalmente por: CABRERA HOYOS Hector Antonio FAU 20131369994 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 10/08/2023 12:03:28-0500

## Anexo 05. Muestras fotográficas

**Figura 9.**

*Muestra frontal de vista del botadero "El Chirimoyo" en la de marcación de Lajas, Chota. Área de muestreo 1 (B0).*

**Figura 10.**

*Muestra frontal izquierda del botadero "El Chirimoyo" en el distrito de Lajas, Chota*

**Figura 11.**

*Muestra frontal derecha del botadero "El Chirimoyo" en el distrito de Lajas, Chota*

**Figura 12.**

*Anotando en la Guía de Observación durante la toma de muestra del botadero. Fecha 13/07/2023.*

**Figura 13.**

*Toma del primer punto en el GPS, área de muestreo 1 (B0). Fecha 13/07/2023*

**Figura 14.**

*Retirando la tierra para la segunda muestra (B50). Fecha 13/07/2023.*

**Figura 15.**

*Retirando la tierra para colocar en el balde*

**Figura 16.**

*Colocando la tierra en la bolsa*

**Anexo 6.** Coordenadas UTM de la ubicación del botadero.

| Punto de muestreo | Coordenadas UTM, E | N | Altitud msnm |
|---|---|---|---|
| **Ubicación del botadero** | 0749914 | 9273372 | 2284 |
| **1º: Al ingreso del botadero** | 0749897 | 9273377 | 2284 |
| **2º: Parte baja del botadero** | 0749894 | 9273403 | 2288 |
| **3º: A 100 m del botadero** | 0749884 | 9273490 | 2279 |
| **4º: A 200 m del botadero** | 0749888 | 9273495 | 2269 |
| **5º: A 300 m del botadero** | 0749849 | 9273696 | 2264 |
| **6º: A 500 m del botadero** | 0749748 | 9273872 | 2252 |