

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS
GENERADOS EN EL BOTADERO DEL DISTRITO DE ILAVE - 2023**

PRESENTADA POR:

YESSENIA NAVARRO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2023



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



10.44%

SIMILARITY OVERALL

0%

POTENTIALLY AI

SCANNED ON: 25 SEP 2023, 5:36 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
1.31%

● CHANGED TEXT
9.12%

Most likely AI

Highlighted sentences with the lowest perplexity, most likely generated by AI.

● LIKELY AI
0%

● HIGHLY LIKELY AI
0%

Report #18259575

YESSENIANAVARRO QUISPE EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS GENERADOS EN EL BOTADERO DEL DISTRITO DE ILAVE - 2023

RESUMEN La presente investigación titulada “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave - 2023”, tuvo como objetivo principal, evaluar la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave - 2023 y los objetivo específicos fueron determinar la concentración de parámetros fisicoquímicos del suelo con lixiviados en el botadero del distrito de Ilave - 2023; así mismo, determinar la concentración de metales pesados en suelos con lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave, comparados con los ECA-Suelo. La toma de muestras de suelo se realizó de acuerdo a la metodología de la Guía de muestreo de suelos en el Marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, ECA - Suelo. Para ello se tomaron 3 muestras de suelo del botadero de Ilave, donde se determinó la concentración de los parámetros fisicoquímicos del suelo y la concentración de metales pesados. Los resultado respecto a los parámetros fisicoquímicos se obtuvo: textura del suelo es franco arenoso, materia orgánica pobre en los tres puntos de monitoreo; conductividad eléctrica ligeramente salino, pH ligeramente alcalino, Nitrógeno 615,33 mg/kg (alto), Fósforo 20 mg/kg (medio), Potasio 155,56 ppm (muy alto), metales pesados, Arsénico 89,23 mg/kg, Bario 212 mg/kg,

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS
GENERADOS EN EL BOTADERO DEL DISTRITO DE ILAVE - 2023”**

PRESENTADA POR:

YESSENIA NAVARRO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

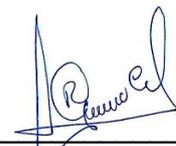
INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Dr. JORGE ABAD CALISAYA CHUQUIMIA

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. RONNY ALEXANDER GUTIERREZ CASTILLO

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de Investigación: Contaminación Medioambiental

Puno, 03 de octubre del 2023

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a todos aquellos jóvenes que como yo se esfuerzan día a día por progresar y triunfar en la vida, también va dirigido a mi madre, quien trató de brindarme el apoyo moral y material desde mi nacimiento, también va dedicado en especial a los docentes de la escuela profesionales de Ingeniería Ambiental que me brindaron conocimientos y experiencias que tuvo en su vida profesional para que yo mañana más tarde sea un gran profesional de gran conocimiento y sabiduría.

Yessenia Navarro Quispe.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional para el desarrollo de mi región.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

A los miembros del jurado calificador, por el interés, motivación y apoyo necesaria para la ejecución de esta investigación de tesis. un enorme agradecimiento por este privilegio.

A mi asesor M.Sc. Wilfredo Cano Ojeda, por brindarme el apoyo, orientación y ayuda que me brindó para la culminación de este proyecto de tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más que lo estudiado en el proyecto.

A mis padres por el apoyo brindado durante estos años de estudio y como un reconocimiento de gratitud al haber finalizado esta carrera.

A mis hermanos, por ser una fuente de inspiración y motivación en este logro académico.

Yessenia Navarro Quispe.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2 ANTECEDENTES	15
1.2.1 NIVEL INTERNACIONAL	15
1.2.2. NIVEL NACIONAL	16
1.2.3. NIVEL LOCAL	18
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	20
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	21
2.1.1. SUELO	21

2.1.2. COMPOSICIÓN DEL SUELO	22
2.1.3. CALIDAD DE SUELOS	23
2.1.4. CONTAMINACIÓN DEL SUELO	23
2.1.5. RESIDUOS SÓLIDOS	24
2.1.6. CONTAMINACIÓN POR LIXIVIADOS	25
2.1.7. LIXIVIADOS	26
2.1.8 PÉRDIDA DE NUTRIENTES DEL SUELO POR LIXIVIADOS	27
2.1.9. BOTADEROS	28
2.1.10. METALES PESADOS	28
2.1.11. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL - SUELOS	29
2.2. MARCO CONCEPTUAL	31
2.3. MARCO NORMATIVO	33
2.4. HIPÓTESIS	33
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	33
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	33
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	34
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	35
3.2.1. POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.2.2. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	36
3.3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	36
3.3.2. MÉTODOS	36
3.3.3. MATERIALES	43
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	44

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SUELO CONTAMINADO POR LIXIVIADOS EN EL BOTADERO DEL DISTRITO DE ILAVE - 2023.	45
4.2 CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS CONTAMINADOS POR LIXIVIADOS GENERADOS EN EL BOTADERO EN COMPARACIÓN CON LOS ECA-SUELO, DISTRITO DE ILAVE - 2023.	48
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	55
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Profundidad de muestreo según el uso de suelo	38
Tabla 02: Sistemas para la toma de muestra de acuerdo al tipo de suelo	39
Tabla 03: Caracterización de suelo	40
Tabla 04: Tabla de interpretación de conductividad eléctrica	40
Tabla 05: Interpretación de pH	41
Tabla 06: Interpretación de nitrógeno	41
Tabla 07: Interpretación de Fósforo	41
Tabla 08: Interpretación de Potasio	42
Tabla 09: Interpretación de materia orgánica	42
Tabla 10: Estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo	43
Tabla 11: Características físicas del suelo (partículas texturales)	45
Tabla 12: Contenido de materia orgánica del suelo botadero distrito de llave.	46
Tabla 13: Características químicas del suelo botadero distrito llave	47
Tabla 14: Concentración de metales pesados en el suelo	49
Tabla 15: Estadístico de muestra única de parámetros fisicoquímicos de suelo	56
Tabla 16: Prueba de muestra única de parámetros fisicoquímicos de suelo	57
Tabla 17: Estadístico de muestra única de concentración de metales en el suelo	58
Tabla 18: Prueba de muestra única de la concentración de metales en el suelo	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Estándares de Calidad Ambiental - Suelo	30
Figura 02. Mapa de Ubicación del distrito de llave	35
Figura 03: Ubicación del botadero del Distrito de llave	35
Figura 04: Concentración de arsénico en el suelo del botadero distrito llave	49
Figura 05: Concentración de bario en el suelo	51
Figura 06: Concentración de cadmio en el suelo del botadero distrito de llave	52
Figura 07: Concentración de cromo en el suelo del botadero distrito de llave	53
Figura 08. Concentración de mercurio en el suelo botadero distrito llave	54
Figura 09: Concentración de plomo en el suelo botadero distrito de llave.	55

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	66
Anexo 02: Resultado de los parámetros fisicoquímicos del suelo	67
Anexo 03: Resultados de la concentración de metales pesados del suelo	72
Anexo 04: Panel fotográfico de la toma de muestra del suelo	76

RESUMEN

La presente investigación titulada “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de llave - 2023”, tuvo como objetivo principal, evaluar la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de llave - 2023 y los objetivo específicos fueron determinar la concentración de parámetros fisicoquímicos del suelo con lixiviados en el botadero del distrito de llave - 2023; así mismo, determinar la concentración de metales pesados en suelos con lixiviados generados en el botadero del distrito de llave, comparados con los ECA-Suelo. La toma de muestras de suelo se realizó de acuerdo a la metodología de la Guía de muestreo de suelos en el Marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, ECA - Suelo. Para ello se tomaron 3 muestras de suelo del botadero de llave, donde se determinó la concentración de los parámetros fisicoquímicos del suelo y la concentración de metales pesados. Los resultado respecto a los parámetros fisicoquímicos se obtuvo: textura del suelo es franco arenoso, materia orgánica pobre en los tres puntos de monitoreo; conductividad eléctrica ligeramente salino, pH ligeramente alcalino, Nitrógeno 615,33 mg/kg (alto), Fósforo 20 mg/kg (medio), Potasio 155,56 ppm (muy alto), metales pesados, Arsénico 89,23 mg/kg, Bario 212 mg/kg, Cadmio mg/kg 6,93, Cromo mg/kg 25,40 mg/kg, Mercurio 696,67, Plomo 86,90 mg/kg, comparado con los estándares de calidad ambiental, Cromo y Mercurio, superan los ECA; así como el Arsénico, excepto para la categoría uso comercial/industrial/extractivo; Plomo y Cadmio, sobrepasa los ECA para uso agrícola, mientras que, para uso comercial/parque y para uso comercial/industrial/extractivo, se encuentran dentro del rango establecido. Mientras que, Bario se encuentra dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA) DS N° 011-2017- MINAM. Concluyendo que los lixiviados generan contaminación en los suelos del botadero del distrito de llave.

Palabra clave: Contaminación, lixiviados, metales pesados, parámetros fisicoquímicos, suelo.

ABSTRACT

The main objective of the present research entitled "Assessment of soil contamination by leachate generated in the Ilave district waste dump - 2023" was to evaluate soil contamination by leachate generated in the Ilave district waste dump - 2023 and the specific objectives were to determine the concentration of physicochemical parameters of the soil with leachates in the Ilave District waste dump - 2023; also, to determine the concentration of heavy metals (Lead, Cadmium and Chromium) in soils with leachate generated in the Ilave district waste dump, compared to ECA-Soil.

The intake Soil samples were carried out according to the methodology of the Soil Sampling Guide within the Framework of Supreme Decree No. 002-2013-MINAM, ECA - Soil. For this, 3 soil samples were taken from the Ilave dump, where the concentration of the soil's physicochemical parameters and the concentration of heavy metals were determined. The results regarding the physicochemical parameters were obtained: soil texture is sandy loam, poor organic matter at the three monitoring points; electrical conductivity slightly saline, pH slightly alkaline, Nitrogen 615.33 mg/kg (high), Phosphorus 20 mg/kg (medium), Potassium 155.56 ppm (very high), heavy metals, Arsenic 89.23 mg/kg, Barium 212 mg/kg, Cadmium 6.93 mg/kg, Chromium 25.40 mg/kg, Mercury 696.67, Lead 86.90 mg/kg, compared to environmental quality standards, Chromium and Mercury, outperform RCTs; as well as Arsenic, except for the commercial/industrial/extractive use category; Lead and Cadmium exceeds the ECA for agricultural use, while for commercial/park use and for commercial/industrial/extractive use, they are within the established range. While, Bario are within the environmental quality standards (ECA) DS No. 011-2017- MINAM. Concluding that the leachates generate contamination in the soils of the Ilave district dump.

Key word: Contamination, leachate, heavy metals, physicochemical parameters, soil.

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos municipales y otras formas de residuos sólidos han aumentado como consecuencia de la expansión de la población mundial y los nuevos hábitos de consumo. La necesidad de mejorar los sistemas de gestión de residuos se ha hecho urgente debido a esta evolución. Sin embargo, la creación de una gestión integrada de residuos sólidos eficaz ha resultado difícil en las naciones más pobres. La incapacidad de los gobiernos para hacer frente a estos cambios y problemas medioambientales ha dado lugar a procedimientos deficientes de gestión de residuos, especialmente durante la eliminación final de estos contaminantes. En América Latina y el Caribe, los vertederos de residuos sólidos son los lugares preferidos para deshacerse de diferentes tipos de residuos sólidos. Sin considerar los efectos que estas actividades tienen sobre el medio ambiente, esto se debe principalmente a lo poco costosa que resulta esta técnica. Los residuos sólidos son un tema creciente en la gestión municipal tanto en localidades urbanas como rurales; si bien hay aspectos generales que son similares en ambas, hay aspectos particulares a tener en cuenta para cada realidad. Como la contaminación ambiental y el desequilibrio ecológico son fomentados en la actualidad, esto ha causado una creciente preocupación en la sociedad, y su discusión abarca todas las esferas de la comunidad. Aunque el problema de los residuos sólidos urbanos se reconoce desde hace muchos años, sobre todo en las zonas urbanas, las soluciones parciales que se han dado hasta ahora no se aplican a la mayoría de las ciudades intermedias y pequeñas, lo que lo convierte en un problema político persistente que suele provocar malestar social (Díaz, 2019). La producción de lixiviados, que son líquidos producidos por la descomposición de residuos sólidos y pueden incluir una variedad de venenos y contaminantes, es uno de los efectos medioambientales. Estas sustancias contaminan las aguas subterráneas, las costas, los suelos e incluso se han descubierto en la superficie y los fondos marinos (Velásquez, 2018).

La presente investigación se encuentra estructurada en cuatro capítulos. El primer capítulo se conforma por el planteamiento del problema, los antecedentes y los objetivos.

El segundo capítulo está conformado por el marco teórico, marco conceptual y la hipótesis de la investigación.

El tercer capítulo se conforma por la metodología de investigación donde se desarrolla la zona de estudio, el tamaño de muestra y los métodos aplicados.

En el cuarto capítulo se describe y analiza los resultados que se lograron en la presente investigación.

Finaliza con las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos del estudio

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una mala gestión de residuos sólidos es una problemática social, económica y ambiental mundialmente, además la formación de lixiviados en ambientes donde se realiza la disposición final, a razón de distintos factores y por la composición de residuos puestos en vertederos. El lixiviado o percolado, es un líquido negro maloliente producido por la putrefacción natural de los residuos, es comparable a las aguas residuales domésticas, pero considerablemente más concentrado. Para evitar el aumento de lixiviados y problemas con el funcionamiento de vertederos o basureros, es crucial interpretar y desviar el agua de lluvia que fluye a través de las capas de residuos, ya que aumenta el volumen de los residuos mucho más que el contenido de humedad de los propios residuos sólidos urbanos (Fonseca & Walker, 2019).

En nuestro país un manejo apropiado de los residuos viene a ser uno de los mayores dificultades que perjudica al ambiente, el problema en nuestro país incrementa cada vez más, la problemática de los residuos sólidos municipales fue identificada hace varios años atrás, mayormente en zonas metropolitanas. La mayor parte de las ciudades intermedias y menores no están incluidas en las respuestas parciales obtenidas hasta ahora, como tampoco lo están todos los países de la región, por lo que es un problema político permanente que suele provocar tensiones sociales. Provoca con mayor frecuencia tensiones sociales. La práctica de verter basuras en espacios abiertos, a

veces denominados "vertederos", es perjudicial para el medio y podría poner en grave peligro la salud pública. Los vertederos podrían repararse completamente sin contaminar el medio ambiente convirtiéndolos en vertederos sanitarios o cerrándose. La disposición final de los residuos no ha sido una de las principales preocupaciones de las municipalidades ni de la población local, de ahí que no existan muchos casos de este tipo en Perú. La reconversión y rehabilitación de los rellenos sanitarios es una tarea impostergable a la luz de las relevantes iniciativas de crecimiento socioeconómico, en armonía con el medio ambiente, y de protección de los recursos naturales que viene experimentando el país (Sanchez, 2019).

El distrito de llave actualmente evidencia problemas sobre la gestión de residuos sólidos municipales, el botadero Apacheta no presenta un control sanitario, presenta actividades invasivas de descargas de residuos sólidos realizadas sin un manejo y control de lixiviados y gases, generados por las características de los residuos y las condiciones meteorológicas del lugar. La basura que se desecha a veces está cubierta, a veces no, lo que da lugar a la presencia de vectores. Es por esta razón que el presente estudio evaluará el suelo supuestamente contaminado por los lixiviados presentes en el botadero de Apacheta en llave.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cómo es la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de llave - 2023?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos en los suelos contaminados por lixiviados generados por el botadero del distrito de llave - 2023?
- ¿Cuál es la concentración de los metales pesados de los suelos contaminados con lixiviados generados en el botadero del distrito de llave comparados con los ECA para suelos, distrito de llave - 2023?

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 NIVEL INTERNACIONAL

Balcazar et al. (2020) en el estudio denominado “Efectos de contaminantes en el suelo con un vertedero a cielo abierto en Tabasco” en México los ayuntamientos poseen la responsabilidad del manejo de residuos sólidos implementando estrategias de control y tratamiento. En la metodología se determinaron los componentes elementales del RSU (Residuos Sólidos Urbanos) como carbono, azufre, cenizas, humedad, nitrógeno y oxígeno, además se determinaron los metales como cromo, plomo, níquel y cadmio en matrices de agua y suelo. Concluye en que la materia orgánica posee un mayor porcentaje de generación de 47.9%, y el botadero posee una extensión de 122,500 m² y posee una retención y aglomeración en concentraciones elevadas de los metales como Cd, Ni, Cr y Pb lo que indica la implementación de saneado del área a través de alguna tecnología de remediación. La simulación de metales muestra que el desplazamiento es al norte perjudicando un área de 50.000 m².

Carrillo & Solórzano (2020) en la investigación de nombre “Evaluación de la concentración de metales pesados: Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc, en zonas aledañas al relleno sanitario del municipio de Texistepeque, Santa Ana, El Salvador” que tuvo como objetivo determinar la concentración de Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc en zonas aledañas al relleno sanitario de Santa Ana, en matrices de agua superficial, agua subterránea y suelo. Utilizando un horno de grafito y espectrometría de absorción atómica de llama. A continuación, se exponen las principales conclusiones de los resultados: El plomo es de 400 mg/kg en base seca, el zinc es de 150 mg/kg, el cadmio es de 37 mg/kg en base seca, el níquel es de 1600 mg/kg en base seca y el pH es de 7. Las conclusiones muestran que el LMP para Plomo en la matriz del suelo es de 400 mg/kg en el caso de las muestras analizadas mediante la técnica FLAA, confirmándose el cumplimiento de la normativa en todos los puntos muestreados ya que los valores resultantes se sitúan entre 7,3590 mg/kg y 15,0368 mg/kg, como valores mínimo y máximo.

Vega (2019) en el estudio titulado “Diagnóstico de las propiedades fisicoquímicas en suelos usados para la disposición de residuos sólidos urbanos en el lote Camellón de Las Camelias en el Municipio de San Martín, Meta”, que tuvo como objetivo de evaluar el estado del suelo usado por la disposición de residuos sólidos urbanos en el lote camellón de las Camelias, en el Municipio de San Martín, Meta, mediante análisis físico-químicas. El método empieza de las propiedades físicas tal como la densidad que aparente, mediante la metodología del cilindro, por otro lado, las propiedades químicas como el Al, P, K, Fe, Mg, Mn y pH. Los resultados muestran que ambos suelos tienen la misma textura, lo que concuerda con un suelo franco arenoso basado en sus partes constituyentes, y también muestran que el suelo del vertedero tiene menos porosidad, tasa de infiltración y densidad aparente que el suelo de control, lo que indica que la compactación provocada por la eliminación de residuos densos ha afectado al suelo. Llega a la conclusión de que la ausencia de educación ambiental y la falta de voluntad para recoger la basura en determinados momentos fueron los factores que más contribuyeron a que el vecindario se deshiciera de los residuos sólidos de forma inapropiada.

1.2.2. NIVEL NACIONAL

Barreto & Colque (2021) en el estudio denominado “Evaluación de cromo VI, cadmio y plomo presentes en suelos agrícolas a causa del lixiviado proveniente del botadero municipal de la provincia de Espinar - Cusco 2021” con el objetivo de determinar la concentración de Cr VI, Cd y Pb presentes en suelos agrícolas provocado por lixiviado proveniente del botadero municipal de la Provincia de Espinar, el estudio fue realizada con la toma de muestra de 5 puntos del área en estudio, donde analizó las concentraciones de Cr VI, Cd y Pb. Como resultados obtuvo que en los 05 puntos Cr VI tiene una concentración de 0.20 mg/kg, Cd presentó 1.693 mg/kg en el punto 01, en el punto 2 con 1.735 mg/kg; punto 3 con 1.655 mg/kg; 1.743 mg/kg en el punto 4 y 2.806 mg/kg en el punto 5. Para Pb presentó 0.20 mg/kg en los 5 puntos, los resultados fueron

comparado con los ECA. Se concluye que el Cr se encuentra por debajo del ECA, del mismo modo, el Pb no sobrepasa el ECA; no obstante, el Cd sobrepasó lo permitido.

Díaz (2019) en el estudio denominado “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo-2018” con el objetivo de evaluar la contaminación del suelo afectado por lixiviados del botadero municipal, en la metodología se muestrearon 3 puntos de los suelos, tomando como criterio la zona de actividad antrópica (parte baja del botadero y parte central del botadero) y Zona aledaña de un sembrío agrícola. Calculó la cantidad de metales pesados presentes y descubrió que, en el primer muestreo, el Cadmio estaba presente en un nivel de 18,75 mg/kg, seguido del Plomo en 16,25 mg/kg, lo que corresponde al punto 1. En el punto 2, el Cadmio se indica con un valor de 15,126 mg/kg, y el Plomo con un valor de 12,037 mg/kg. Se identificó plomo en el suelo en un valor de 11.123 mg/kg para el punto 3, y después se descubrió cadmio en un valor de 6.321 mg/kg, ambos relacionados con el punto 1.

Saavedra (2019) en la investigación titulada “Contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero de Cuñumbuque, San Martín, 2019” donde el objetivo general fue determinar la afectación del suelo contaminado por lixiviados en el botadero de Cuñumbuque, San Martín, a través de un tipo de investigación básica, efectuó procesos en campo con referencia. En la investigación se utilizó una guía de productos observables, formularios de recogida de datos y muestras que se recogieron del suelo residual y se llevaron al laboratorio. Los resultados del estudio mostraron que ambas muestras tenían un mayor porcentaje de arcilla en términos de criterios físicos. En cuanto a los porcentajes de metales pesados, la muestra 2 (M2) tenía una mayor concentración de (Cd) con 1,2 y de (Pb) con 18,23, en comparación con la muestra 1 (M1), que tenía 0,78 de (Cd) y 14,23 de (Pb). La M2 también tenía un porcentaje mayor con 5,12%. con niveles típicos de materia orgánica en los suelos del vertedero, en consecuencia,

concluye que la contaminación del suelo lixiviado del botadero de Cuñumbuque no es tan grave.

Quispe & Silvestre (2019) en el estudio denominado “Nivel de concentración de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica” como objetivo fue determinar el nivel de concentración de metales pesados en relación a los ECAs-Suelo, en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra. En los resultados, el nivel de concentración de cadmio, plomo y cromo se encontró en el rango de 0,9-1,34, 3,6-32,74 y 1,19-60,6 mg/Kg PS en ambos períodos, respectivamente, lo que significa que no superan el ECA para uso suelo-agrícola; en relación al arsénico, la concentración determinada se encontró en el rango de 7,6 y 222. 4 mg/Kg PS, según las normas, el límite mínimo es de 50 mg/K. Concluye que ha determinado que las concentraciones de metales, incluidos el cadmio, el plomo y el cromo, no superan los requisitos en ninguna de las dos épocas, aunque hay algunos puntos en los que sí lo hacen las concentraciones de arsénico y mercurio.

1.2.3. NIVEL LOCAL

Velasquez (2021) en el estudio de título “Evaluación de niveles de contaminación de agua y suelo generados por los lixiviados del botadero de Chilla en Juliaca” tuvo como objetivo principal de evaluar los niveles de contaminación de agua y suelo generados por los lixiviados en el botadero de Chilla en Juliaca, 2021, en la metodología realizó en primera etapa en el campo en el suelo, agua y lixiviados para posteriormente ser analizados en laboratorio, así también realizó una encuesta para conocer la percepción de los pobladores aledañas a la zona en estudio. Según los resultados relativos a los niveles de contaminación del suelo, se encontraron las altas concentraciones de potasio (30,00 mg/L en el punto S5), cobre (1,95 mg/L en el punto S7), sulfatos (365,20 mg/L en el punto S8), nitratos (231,1 mg/L en el punto S7) y cloruros (85,80 mg/L en los puntos S7 y S8). En cuanto a los niveles de contaminación del agua, los valores de DQO y DBO son

significativamente superiores a los niveles de ECA. En conclusión, la zona de vertido de residuos municipales presenta una peligrosidad moderada, es decir, del 46,67%, para los aspectos ambientales y socioeconómicos, según la evaluación de los niveles de contaminación provocados por los lixiviados de vertedero a través de su clasificación por efectos.

Ticona & Apaza (2020) en el estudio denominado “Evaluación de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani - Puno” posee un objetivo de general de evaluar el impacto generado por la disposición de los residuos sólidos urbanos sobre el suelo efectuado en enero de 2018, en la metodología ejecutó mediciones de campo y análisis de laboratorio para indicar así las características fisicoquímicas. En los resultados se obtuvo 520 mg/L de DQO, 260 mg/L de DBO5, 0,2 mg/L de Fe, 7,2mg/L de nitrógeno amoniacal, 260 mg/L de P, 310 mg/L de SO⁻, 826,56 mg/L de Cl⁻, 836 mg/L de alcalinidad, 217,8 mg/L de Dureza total, salinidad (70%), 240 mg/L de SST, 4940 uS/cm de Conductividad y 9.8 de pH. Los resultados en la investigación señalan el importante efecto ambiental negativo de los lixiviados creados en el botadero de Puno. El estudio concluye que los LMP de vertido de efluentes líquidos de los vertederos sanitarios establecidos en las ECA son superados por el efluente lixiviado del BCA. Los suelos que rodean el BCA también se degradan debido a las altas concentraciones de sal y conductividad, lo que conducirá a la desertificación.

Moreno & Torres (2020) en la investigación denominada “Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el botadero de Cancharani de la ciudad de Puno” tuvo como objetivo general de evaluar las concentraciones de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb y el grado de contaminación en los suelos del botadero a cielo abierto de Cancharani, en la metodología evaluó el grado de contaminación realizando 9 puntos de muestreo, posteriormente envió a realizar el análisis respectivo de metales pesados. Según los resultados de su estudio, todas las concentraciones de metales pesados en los suelos del vertedero de Cancharani, plomo

(Pb), cadmio (Cd) y cobre (Cu)- superan las ECA, a excepción del mercurio (Hg) y el arsénico (As), que están dentro de las ECA para un suelo agrícola. También se establece que, a excepción del arsénico, cuya concentración incrementa a medida que se aleja del vertedero, los niveles de concentración de los metales pesados cadmio, plomo, mercurio y cobre disminuyen a medida que se alejan del núcleo del vertedero. Según el informe, el vertedero de Cancharani está envenenando el suelo local.

ANA (2019) en el informe “Fuentes de contaminación de la cuenca del Lago Titicaca” se menciona que el botadero de la ciudad de Llave no presenta un control sanitario, ya que las actividades invasivas de descargas de residuos sólidos efectuadas sin un manejo y control de lixiviados y grasas como también la presencia de malos olores que causan malestar a la población, así también presenta el botadero municipal antiguo a orillas del río de Llave, además de lixiviados del botadero de residuos sólidos que se ubica en una quebrada afluente del río Llave

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Llave - 2023.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de parámetros fisicoquímicos del suelo con lixiviados en el botadero del distrito de Llave - 2023.
- Determinar la concentración de metales pesados en el suelos contaminados por lixiviados generados en el botadero del distrito de Llave, comparados con los ECA-Suelo, distrito de Llave - 2023.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. SUELO

El suelo, uno de los recursos naturales más valiosos, es un cuerpo orgánico y ligero que cubre la superficie de la tierra y sirve de fuente de alimentos y otras actividades esenciales. La capa de suelo que rodea una zona poblada se conoce como edafosfera, que también sirve de medio para la interfaz entre la geosfera, la atmósfera, la biosfera y la hidrosfera. Una mezcla de partículas minerales, materiales orgánicos, agua, atmósfera y seres vivos componen el suelo, la capa superior de la corteza terrestre, creando un ecosistema increíblemente complejo y variado (FAO, 2019).

Una de las muchas funciones medioambientales del suelo, un recurso natural finito y no renovable, es su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos químicos como el fósforo, el nitrógeno y el carbono, mediante los cuales, por defecto, la energía disponible se transfiere de los sistemas vivos a los componentes no vivos, al ejercer diferentes niveles de presión sobre el suelo y provocar su degradación, también contribuye de forma significativa al ecosistema de la región (Altamirano, 2019).

Dado que el suelo es el lugar donde crecen las plantas y donde satisfacen sus necesidades de agua y nutrientes, es un recurso natural crucial. Cuando el suelo no se utiliza de forma sostenible, se degrada y pierde su capacidad de producción, lo que repercute en el crecimiento de las plantas y reduce la cantidad de materia orgánica y nutrientes potenciales del suelo. En consecuencia, es esencial aplicar técnicas

adecuadas de gestión y conservación. El espacio-tiempo, en función del clima de gestión y de la materia parental, suele ser la característica que varía en el recurso natural suelo (Avelino, 2019).

2.1.2. COMPOSICIÓN DEL SUELO

a) Fase sólida

La fase sólida se compone de materia mineral y orgánica. La fase mineral está formada por partículas de diferentes tamaños, como arena, limo y arcilla, que constituyen el 45% del volumen total. La materia, que constituye el 5% restante del volumen, está formada por organismos vivos y restos vegetales en distintas fases de descomposición. En la fase sólida hay materiales orgánicos e inorgánicos.

Según Gómez & Palma (2023), la cantidad media de material orgánico es de 12% en volumen, 5% en peso, y tiene una densidad de 0,5 g/cm³. La cantidad media de material inorgánico es del 38% en volumen, 95% en peso, y tiene una densidad de 2,7 g/cm³.

b) Fase líquida

La solución del suelo está formada por agua y electrolitos disueltos. El agua que contiene compuestos en solución llena algunos o todos los espacios porosos entre las partículas sólidas en la fase líquida. Dependiendo del estado del suelo, su composición puede cambiar (Gómez & Palma, 2023).

c) Fase gaseosa o de vapor

Debido a la actividad biológica del suelo y a las condiciones ambientales, se compone de gases a presiones diferentes de las del aire atmosférico. La fase gaseosa, o vapor, rellena los espacios vacíos, o los poros que no están ya llenos de agua (Gómez & Palma, 2023).

2.1.3. CALIDAD DE SUELOS

Se refiere a la capacidad de la vegetación para mantener una cubierta vegetal que puede verse perjudicada por las actividades del proyecto relacionadas con la entrada de sustancias químicas que, a una concentración determinada, deben considerarse negativas. Cuando se realiza una investigación para observar el nivel de metales pesados en regiones no intervenidas, los resultados muestran que la concentración es natural y procede del material de origen del suelo porque no ha habido ninguna intervención humana. Por otro lado, los metales pesados como As, Ba, Cr, Cd, Pb, Ni, Se, Va y Zn son los principales compuestos potencialmente perjudiciales para la calidad del suelo. Estas sustancias pueden penetrar en el suelo a partir de diversas fuentes, como los procesos industriales, la minería, la ganadería, las actividades industriales, la eliminación de aguas residuales, el uso excesivo de productos agroquímicos, las aguas residuales procedentes de procesos industriales, las aguas residuales que provienen de la atmósfera (procedentes de procesos industriales) (CESEL, 2021).

2.1.4. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Las repercusiones medioambientales más evidentes de una gestión inadecuada de los residuos sólidos urbanos son la decadencia estética de las ciudades y la destrucción del ecosistema. Esto también se aplica a la degradación estética de los paisajes naturales rurales y urbanos. El deterioro del entorno natural provocado por el vertido descuidado de residuos va en aumento, los residuos aglomerados por todas partes o los vertederos al aire libre son cada vez más frecuentes. Otra consecuencia negativa claramente visible es la degeneración visual de pueblos y ciudades, que se traduce en la depreciación tanto de los terrenos donde se ubican los vertederos como de las regiones circundantes, como consecuencia del abandono y acumulación de residuos. También, la contaminación o intoxicación del suelo es uno de los daños que ocasionan estos vertederos a razón de la liberación de compuestos tóxicos y sustancias tóxicas y a la falta de control por parte de las autoridades medioambientales (Díaz, 2019).

Cuando los compuestos presentes en el suelo alcanzan concentraciones que ponen en peligro la salud humana y el medio ambiente, se dice que el suelo ha sido contaminado o afectado. Para ellos, la contaminación se manifiesta como una gran cantidad de residuos sólidos que contienen materiales tóxicos incompatibles con el equilibrio ecológico y medioambiental (Saavedra, 2019).

La contaminación del suelo actualmente, debido a los procesos erosivos, la pérdida de carbono orgánico, la salinización, la acidificación y la contaminación química, un tercio de nuestros suelos están entre moderada y gravemente degradados. Dado que se tarda unos 1000 años en crear 1 cm de tierra vegetal, no podría crearse suelo adicional a lo largo del tiempo, y el ritmo al que se está degradando el suelo ahora pone en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades fundamentales (CESEL, 2021).

2.1.5. RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos son sustancias, productos o subproductos que tienen una consistencia sólida o semisólida y que el generador elimina o debe eliminar debido a los requisitos de la normativa nacional o a las amenazas que suponen para la salud humana y el medio ambiente. Los residuos producidos por catástrofes naturales se incluyen en esta definición.

La basura que no puede ser movida por el agua y que ha sido desechada porque ya no será utilizada se denomina basura sólida. Los residuos alimentarios putrescibles se denominan basura en el contexto de los residuos sólidos urbanos, mientras que los residuos sólidos no putrescibles se denominan simplemente "desechos" (Sanchez, 2019).

Residuos no municipales

Los residuos de carácter peligroso o no peligroso producidos en el curso de actividades extractivas, productivas y de servicios se clasifican como residuos no municipales.

Incluyen los producidos en las instalaciones primarias y secundarias de la explotación (Sanchez, 2019).

Residuos municipales

La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos establece que en todos los ámbitos de su competencia, "Los residuos urbanos o municipales están constituidos por los residuos domiciliarios y los procedentes del barrido y limpieza de los espacios públicos, incluidas las playas, las actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos sean asimilables a los servicios públicos de limpieza."

2.1.6. CONTAMINACIÓN POR LIXIVIADOS

El lixiviado es un fluido que se produce cuando el agua de lluvia se filtra a través del suelo y se libera el agua sobrante de los residuos sólidos que están en las etapas de composición y de los residuos sólidos. El lixiviado se considera el principal y más importante contaminante producido en un vertedero. Además, se refiere a cualquier líquido que haya entrado en contacto con el residuo y que se produce cuando uno o más componentes del residuo del suelo urbano entran en contacto con el residuo. (Saavedra, 2019).

El lixiviado que se origina en los botaderos, es el resultado de diversas variables, como el contacto del lixiviado con el medio ambiente, la interacción del lixiviado con el medio ambiente, la composición de los residuos, la solubilidad de los residuos, los procesos de conversión microbiológica y química, etc. En la mayoría de los vertederos, los lixiviados se crean cuando el líquido procedente de fuentes externas, como el drenaje superficial, las aguas subterráneas, el agua de manantiales subterráneos y la lluvia, penetra en el vertedero (Díaz, 2019).

Esta sustancia, que se encuentra en los residuos, se descompone en un líquido contaminante de color negro, con un olor terrible y muy tóxico tanto para el ser humano como para el medio ambiente. Se han identificado hasta 200 compuestos diferentes de

esta sustancia. Uno de los factores que influye una reacción de dicho líquido es la condición climática, humedad, apresurando el proceso de formación. Pruebas similares sugieren que los lixiviados se producen sobre todo por la filtración del agua sobrante de los residuos sólidos y la percolación del agua de lluvia a través de estratos que se están degradando. Debido a su impacto extremo, este líquido se considera el mayor peligro para los suelos producidos sobre todo a partir de vertederos sanitarios o escombreras. (Saavedra, 2019).

2.1.7. LIXIVIADOS

El agua que se filtra a través de un vertedero y se convierte en lixiviado ha sido contaminada por los componentes de los residuos. Incluye componentes de residuos que son solubles, no se adhieren al suelo y no se descomponen química o bioquímicamente. Algunos de los componentes potencialmente peligrosos que se encuentran en los lixiviados son subproductos de las reacciones químicas o biológicas de los residuos (Sanchez, 2019).

Formación de lixiviados

Los lixiviados residen normalmente en el fondo del vertedero y se desplazan por los estratos mediante movimientos laterales basados en las propiedades del material del que están rodeados. Los líquidos emitidos por el vertedero durante este proceso eliminan muchos de los elementos químicos y biológicos que antes estaban incluidos en los residuos. Se han realizado algunas investigaciones sobre los elementos que componen el agua que se filtra a través de un vertedero, y se ha descubierto que estos elementos no solo contaminan las aguas subterráneas, sino que también actúan como portadores de bacterias peligrosas (Sanchez, 2019).

Los lixiviados suelen generarse cuando el agua interactúa con los residuos sólidos que se han vertido en vertederos. Esta solución está llena de contaminantes que, al desplazarse verticalmente, llegan al subsuelo.

Se puede formar a partir de:

- Agua de lluvia que cae directamente sobre los residuos sólidos.
- Agua que se mueve horizontal al suelo y que llega directamente al vertedero.
- Contacto directo de las aguas subterráneas con los residuos sólidos por la elevación del nivel piezométrico.
- Aporte o derrame de líquidos en el vertedero.

Composición de los lixiviados

El lixiviado del vertedero transporta en su curso material disuelto, en suspensión, fijado o volátil, lo que da lugar a elevadas cargas orgánicas y a un color que cambia de un tono negro viscoso cuando está envejecido a un tono pardo-grisáceo cuando es nuevo.

Tanto las sales inorgánicas (como el cloruro sódico y los carbonatos) como los metales pesados están presentes en altas concentraciones en los lixiviados. Según varios estudios, el carbono orgánico en forma coloidal tiene la capacidad de unir concentraciones de metales pesados a su superficie, sirviendo como portador de metales traza en los lixiviados.

Características de los lixiviados

Los lixiviados presentan diversas características, entre las que destaca su capacidad de contaminación. Normalmente se piensa que los lixiviados tienen todas las características de un contaminante, incluidos niveles significativos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, patógenos en grandes cantidades, sustancias químicas peligrosas como metales pesados y componentes orgánicos (Sanchez, 2019)

2.1.8 PÉRDIDA DE NUTRIENTES DEL SUELO POR LIXIVIADOS

El término "lixiviación" hace referencia a un fenómeno climático húmedo que causa la pérdida de nutrientes de algunas capas del suelo como consecuencia del lavado por el agua de elementos vitales del suelo como la arcilla, las sales, el hierro o el humus. Esta

idea también se utiliza para describir cómo se utiliza el agua para arrasar una capa de suelo o geológica, así como para transportar residuos y otros contaminantes a ríos y mares (Díaz, 2019).

2.1.9. BOTADEROS

Lugar donde se vierten residuos de manera ilegal, lo que daña el medio ambiente y produce enormes focos infecciosos perjudiciales para la salud de la población local. Asimismo, la basura puede clasificarse como municipal o no municipal (Velásquez, 2021).

Los residuos que se transportan y recogen para su tratamiento en Perú se denomina gestión municipal. que producen más de 19.000 toneladas de basura urbana, para su tratamiento en Perú. Sin embargo, en El Salvador se produce alrededor del 50% de la basura municipal. Lima Metropolitana y la provincia del Callao son las principales fuentes de basura municipal (MEF, 2017).

La libre eliminación de basura residencial sin ningún tipo de regulación en diversos lugares, la mayoría de ellos no demasiado alejados del centro de la población, ha sido y sigue siendo una de las técnicas más antiguas de eliminación.

Este método no gestionado de eliminación de residuos está relacionado con una serie de problemas, como la existencia de roedores e insectos, el riesgo de incendio, la presencia de olores desagradables, la contaminación del agua y el aire, la falta de estética y la degradación del medio ambiente.

2.1.10. METALES PESADOS

Hace referencia a los metales de la tabla periódica con gravedades específicas superiores a 5 g/cm³ o con una, normalmente excluye los metales alcalinos y los elementos con un número atómico alcalinotérreo superior a 20. Elementos alcalinotérreos y metales alcalinos, la frase no es del todo exacta, al considerar las características fisicoquímicas de los elementos, en particular sus características iónicas, la palabra es bastante ambigua. Particularmente las características iónicas definidas por la capacidad

de complejización y las propiedades biológicas de los elementos (Quispe & Silvestre, 2019).

Estos contienen elementos necesarios y no esenciales para la vida, no obstante, no existe una distinción clara entre ambas categorías y el número de elementos biológicamente significativos crece con el tiempo. Normalmente, el Fe, el Mn, el Zn, el Cu, el Co y el Mo se consideran elementos necesarios, el Ni y el Cr elementos ventajosos, mientras que se considera que el Cd, el Hg, el Pb y el As no tienen finalidad biológica (Ticona & Apaza, 2020).

Entre las actividades que afectan al suelo a gran escala se encuentran la deposición atmosférica, determinadas prácticas agrícolas, los métodos de cultivo y el reciclaje inadecuado de residuos y aguas residuales. Una de las principales fuentes de metales pesados en el suelo es la deposición atmosférica, que se produce cuando se depositan metaloides volátiles (Se, Hg, As y Sb) o polvo o cenizas volantes enriquecidos principalmente en Ni, Cu, Zn, Cd y Pb (Quispe & Silvestre, 2019).

2.1.11. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL - SUELOS

Los ECA fueron aprobados a través de la R. M. N° 225-2012- MINAM, También se describe como la medida que determina la cantidad de concentración de componentes o características físicas, biológicas y químicas existentes en el suelo como cuerpo receptor, que no ponen en peligro significativo la salud de la población local. De acuerdo a la política ambiental, que se aprobó mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, uno de los principios de gestión integral de la calidad ambiental para el control integrado de la contaminación es contar con parámetros de contaminación para el control y mantenimiento de la calidad del suelo.

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de Ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencia/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
I	orgánicos				
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C6-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fracción de hidrocarburos F2 (>C10-C28) (mg/kg MS)	1200	1200	5000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (>C28-C40) (mg/kg MS)	3000	3000	6000	EPA 8015-D
10	Bifenilos policlorados – PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS)	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrin (mg/kg MS)	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS)	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS)	001	001	001	EPA 8270-D
II	Inorgánicos				
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-A/APHA-AWWA-AEF4500 CN F
16	Arsenico total (mg/kg MS)	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS)	750	500	2000	EPA 3050-B EPA 3051
18	Cadmio total (mg/kg MS)	1.4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS)	6.6	6.6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS)	70	140	1200	EPA 3050-B EPA 3051

Figura 01: Estándares de Calidad Ambiental - Suelo

Fuente: MINAM (2017).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

ARSÉNICO

Aunque rara vez se encuentra en forma sólida, el arsénico es un elemento químico de la tabla periódica que pertenece a la familia de los metaloides, comúnmente conocidos como semimetales. El arsénico puede encontrarse en diversas formas.

Si se añade arsénico al suelo en concentraciones relativamente altas durante breves periodos de tiempo, es posible que el desarrollo de los cultivos no se vea afectado, ni que se acumule en los componentes de las plantas a niveles tóxicos para las personas o los animales. Sin embargo, con el tiempo y la aplicación repetida, el arsénico se acumula en la capa superficial del suelo.

BARIO

El bario blanco plateado es un metal que se vuelve amarillo plateado cuando se expone al aire. El bario es un metal que se presenta de forma natural en diversas formas denominadas compuestos de bario. Estas sustancias son sólidos que pueden encontrarse en forma de polvos o cristales difíciles de inflamar.

CADMIO

El cadmio es un metal pesado común en áreas mineras y en áreas industriales sin función biológica conocida. Es considerado como un contaminante ya que su acumulación produce daño biológico al inhibir los grupos sulfhidrilo (SH) que intervienen en la mayoría de los procesos enzimáticos de nuestro organismo (Erostequi et al., 2020). Los metales pesados están directamente relacionados con los riesgos por contaminación de los suelos, toxicidad en las plantas y los efectos negativos sobre la calidad de los recursos naturales y el ambiente. (Nieves et al., 2019). Sin embargo, es uno de los elementos más monitoreados en aguas naturales y residuales pues sus compuestos son tóxicos, incluso en muy bajas concentraciones, causando problemas renales, infertilidad,

afectaciones nerviosas e inmunológicas, cáncer, entre otras (Benítez-Fernández et al., 2021).

CROMO

El cromo se encuentra presente en aguas y suelos principalmente en dos estados de oxidación: Cr (III) bajo la forma de óxido de cromo y sulfato de cromo, y Cr (VI) bajo la forma de trióxido de cromo, ácido crómico y dicromato. (Delgado Sarmiento, Pavel et al., 2020)

MERCURIO

Con la denominación química Hg, el mercurio es un elemento que se produce de forma natural. A temperatura normal, el mercurio elemental es un líquido plateado que también puede convertirse en gas o sólido a temperaturas muy bajas. Puede reaccionar con otros elementos para crear compuestos sólidos que pueden dividirse en dos categorías: compuestos orgánicos de mercurio y sales inorgánicas de mercurio. Tanto el mercurio como sus compuestos carecen de olor.

PLOMO

El plomo es un metal tóxico cuyo uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente y a problemas de salud pública, por lo que la OMS lo ha incluido dentro de una lista de diez productos químicos causantes de graves problemas para la salud.(EFE News Service, 2021)

pH

El pH del suelo es un indicador de la acidez o alcalinidad del suelo y se mide en unidades de pH. En términos más específicos, el pH es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno y su escala de medición va de 0 a 14, considerando al 7 como el valor de neutralidad.(PROAIN, 2020).

MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica es un parámetro importante, que se utiliza como indicador de calidad del suelo y está relacionado directamente con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además, su cuantificación se requiere para recomendar la cantidad y el tipo de enmiendas que se debe aplicar al suelo. (Izquierdo Bautista & Arévalo Hernández, 2021)

2.3. MARCO NORMATIVO

A continuación se detalla el marco normativo se se consideró en la presente investigación:

- Constitución Política del Perú 1993 , establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Decreto supremo N° 011-2017-MINAM .- Aprobación de estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.
 - Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los lixiviados generan contaminación en los suelos del botadero del distrito de llave - 2023.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los suelos contaminados por lixiviados presentan parámetros fisicoquímicos de características diferentes - 2023
- La concentración de metales pesados supera los valores establecidos en los ECA Suelo - 2023.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El distrito de llave se encuentra al sur de la provincia de El Collao, situada a 50 km de la ciudad de Puno, encontrada con 3850 msnm en el altiplano de los andes centrales (meseta del Collao). El botadero municipal es el lugar donde se realizó la investigación, y sus ubicaciones son las siguientes: Longitud: 69° 38' 19' Oeste, Latitud: 16° 04' 57' Sur.

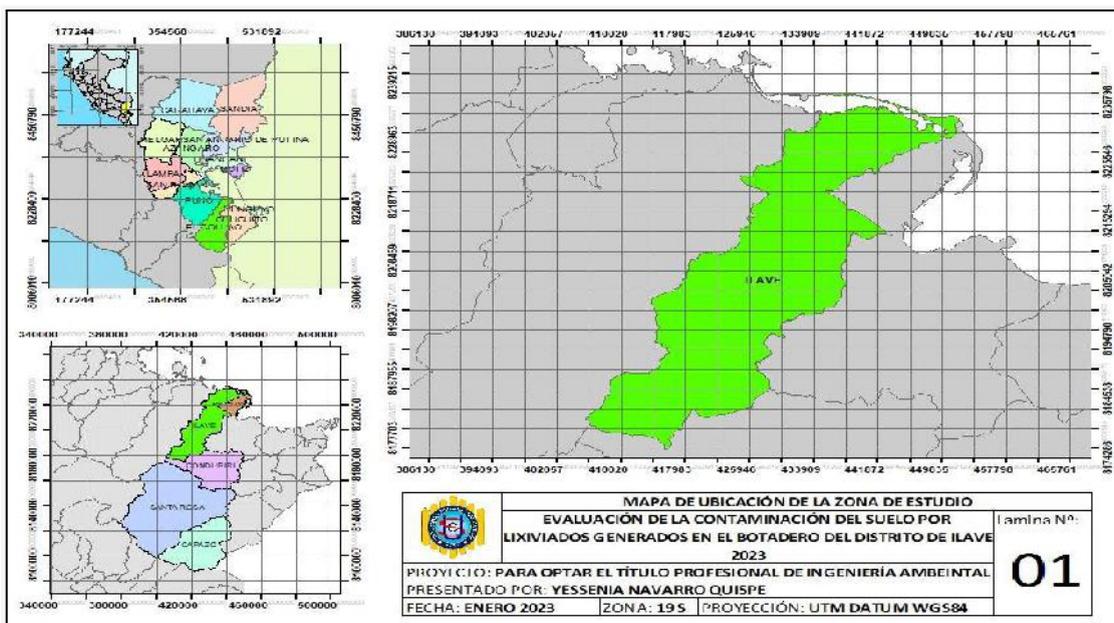


Figura 02. Mapa de Ubicación del distrito de Ilave

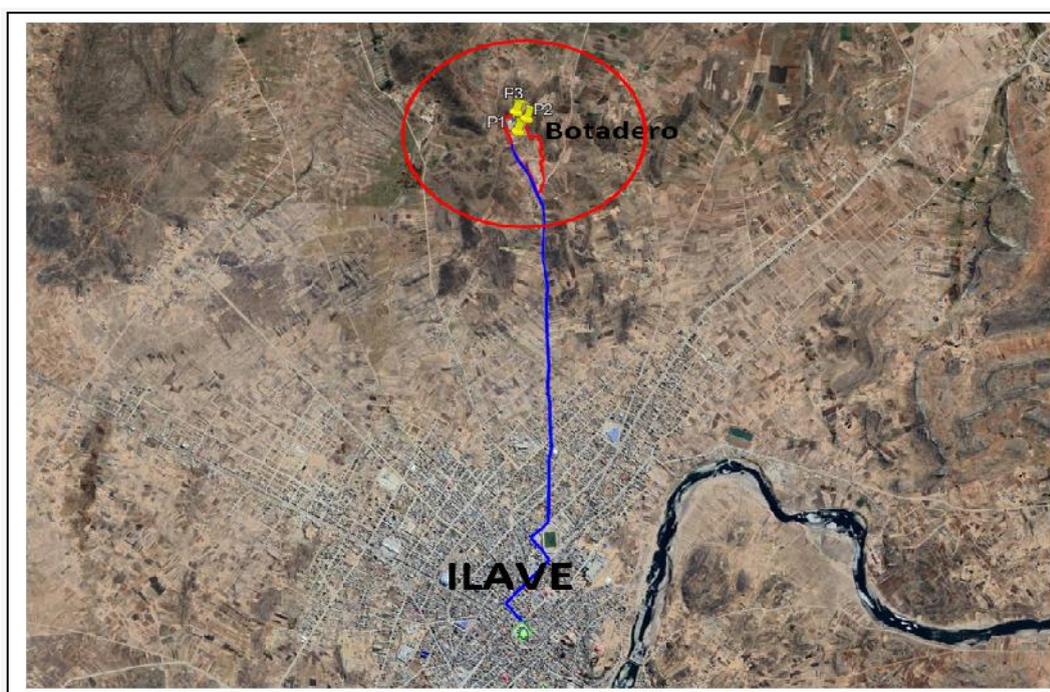


Figura 03: Ubicación del botadero del Distrito de Ilave

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se conformó por el espacio geográfico del suelo del distrito de Ilave que consta de una superficie de 874.57 km².

3.2.2. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

La muestra estuvo conformada por el botadero del distrito de llave que se encuentra en la comunidad de Chiar Jacke, altitud de 3854 m.s.n.m., distancia de 3 km del centro de la ciudad de llave. Se tomaron 3 puntos del suelo que pertenecen al botadero del Distrito de llave, considerando los siguientes puntos para el muestreo:

- **Punto 1:** Zona con actividad antrópica y/o afectada. (Parte inicial del botadero).
- **Punto 2:** Zona con actividad antrópica y/o afectada. (Parte central del botadero).
- **Punto 3:** Zona con actividad antrópica y/o afectada. (Parte final del botadero).

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Tipo de Investigación: Es una investigación descriptiva, ya que pretende evaluar y describir las acciones, situaciones y eventos tal como se dan en la realidad.

Diseño de Investigación: El diseño es no experimental, menciona Hernández et al. (2014), el diseño no experimental no crea ninguna circunstancia, sino que se observan acontecimientos ya existentes; el investigador no desencadena situaciones a propósito como la manipulación de las variables para el estudio.

Instrumentos:

- Ficha de recolección de datos.
- Estándar de Calidad Ambiental para suelo (DS N° 011-2017-MINAM)
- Guía para el muestreo de suelos (D. S. N° 002-2013-MINAM)

3.3.2. MÉTODOS

Para cumplir los objetivos específicos del proyecto de investigación primeramente se realizó la recopilación de información bibliográfica, tanto cómo preparar los equipos y materiales que fueron de utilidad para la toma de muestras y la recolección de

información y material bibliográfico con relación a la zona en estudio. Posterior a ello se desarrolló el siguiente procedimiento metodológico:

DETERMINAR LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SUELO CONTAMINADO POR LIXIVIADOS EN EL BOTADERO DEL DISTRITO DE ILAVE - 2023

a) Ubicación del proyecto

Se tomó la referencia mediante un GPS los puntos muestreados

b) Herramientas para la toma de muestra

Kit de Jardinero de Polietileno: Debido a que estos instrumentos no afectan a la muestra al entrar en contacto con el material plástico, se evitan errores de muestreo y hallazgos posteriores.

Bolsas herméticas: Permitió el almacenamiento y la recogida de las muestras recogidas durante el control.

Cooler: Se utilizó para almacenar, transportar y entregar al laboratorio apropiado para su examen, esto fue posible para mantenerlas a temperatura adecuada.

Refrigerantes Hielo: Se utiliza para mantener estable la temperatura de las muestras de suelo dentro del cooler refrigerador.

Equipo de Protección Personal: Se usó botas, guantes y una mascarilla para la toma de muestra.

c) Toma de Muestras de Suelo

Para realizar el muestreo, se utilizó utensilios de plástico, teflón o acero inoxidable para el muestreo. Lo más común: palas curvas y rectas, picos, barretas y barrenas, nucleadores, espátulas, navajas y martillo de geólogo.

El tipo de muestra fue Muestreo de Identificación (MI) el cual tiene como objetivo investigar la existencia de contaminantes en el suelo mediante la obtención de muestras representativas con la finalidad de establecer si el suelo sobrepasa o no, los ECA que establece el MINAM. La toma de muestra se realizó de acuerdo a las indicaciones de la Guía de muestreo de suelos en el Marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, ECA - Suelo.

Tabla 01: Profundidad de muestreo según el uso de suelo

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

Fuente: (MINAM, 2014)

Tabla 02: Sistemas para la toma de muestra de acuerdo al tipo de suelo

SISTEMA	APLICACIÓN AL DISEÑO DE MUESTREO	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
CALICATAS	Suelo de parcela suave, con profundidad de 0-100 cm	Menor costo, fácil de manejar, pero sólo capaz de una pequeña profundidad.
SONDEOS MANUALES	Suelo duro, con profundidad de 0-100 cm	Precios bajos, capacidades de profundidad limitadas y muy fácil de utilizar.
ZANJAS	Cualquier tipo de suelo, hasta 4m	Simple de usar, se requieren retroexcavadoras para la carga a poca profundidad.
SONDEOS LINER	Hasta 20 m, suelo arenoso	Buen rango de profundidad; capaz de muestrear suelos que presenten contaminantes volátiles; costo elevado.
SONDEOS SEMI MECÁNICOS	Arenoso o rocoso, hasta 10m	Un buen rango de profundidad; pueden ser necesarios 2 o más operadores; costes medios
SONDEOS MECÁNICOS	vastas profundidades, todo tipo de suelos	Rango bueno de hondura, normalmente utilizado para acceder a estratos más profundos del suelo; caro, requiere mano de obra cualificada.

Fuente: (MINAM, 2014)

Los análisis físicoquímicos del suelo que fueron analizados en laboratorio se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 03: Caracterización de suelo

Parámetros a analizar	Método
pH	Potenciómetro.
Conductividad eléctrica (C.E.)	Multiparámetro
Materia orgánica (MO)	Walkley y Black
Nitrógeno total (N)	Micro - Kjeldahl
Fósforo (P)	Olsen modificado
Potasio (K)	Extracción con acetato de amonio
Textura del suelo	Hidrómetro bouyocuos (densímetro de suelos)

Fuente: Pomari (2019)

Tabla 04: Tabla de interpretación de conductividad eléctrica

Clasificación	CE (dS/m)
Muy Ligeramente salino	< 2
Ligeramente salino	2-4
Moderadamente salino	4-8
Fuertemente salino	> 8

Fuente: INIA ,2016

Tabla 05: Interpretación de pH

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

Fuente: INIA (2016)

Tabla 06: Interpretación de nitrógeno

Clasificación	Nitrógeno
Bajo	< 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	> 0.2

Fuente: INIA,2016

Tabla 07: Interpretación de Fósforo

Fósforo (mg/kg)	Clasificación
< 5.0	Muy bajo
5.1- 10.0	Bajo
10.1-20.0	Medio
20.1-30.0	Alto
> 30.1	Muy alto

Fuente: CRS,2017

Tabla 08: Interpretación de Potasio

Potasio (ppm)	Clasificación
< 0.12 - 0.13	Muy bajo
0.25	bajo
0.26-0.51	medio
0.52-0.64	alto
> 0.65	muy alto

Fuente: CRS,2017

Tabla 09: Interpretación de materia orgánica

Materia orgánica (%)	
<2 %	Pobre
2 y 4 %	Medio
> 4 %	Alto

Fuente: CRS,2017

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN EL SUELO CONTAMINADO POR LIXIVIADOS GENERADOS EN EL BOTADERO EN COMPARACIÓN CON LOS ECA-SUELO, DISTRITO DE ILAVE - 2023

Para conocer las concentraciones de metales pesados que presenta el suelo se analizaron en laboratorio para posteriormente ser comparados con los ECA-Suelo

Los parámetros analizados fueron: Arsénico (As), Bario (Ba) Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Mercurio (Hg) y Cromo (Cr).

Tabla 10: Estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo

Parámetros en mg/kg	Usos de Suelo			Métodos de ensayos
	Suelo Agrícola	Suelo residencial/ parques	Suelo comercial/industrial /extractivo	
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario	750	500	2000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 1592
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471/ EPA 6020 Ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro	0,9	0,9	8	SEMWW-AW WA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237y/ó ISO 17690:2015

Fuente: (MINAM, 2017)

3.3.3. MATERIALES

- Equipos de laboratorio.
- Cámara fotográfica

- GPS
- Fichas de muestreo
- Balanza de campo
- Tabla de Munsell

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

- **Variable Independiente**

Contaminación del suelo por lixiviados

- **Variable Dependiente**

Botadero del distrito de Ilave

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SUELO CONTAMINADO POR LIXIVIADOS EN EL BOTADERO DEL DISTRITO DE ILAVE - 2023.

A continuación, se detalla características del suelo actual en el botadero del distrito de llave, presentando los parámetros físico químicos encontrados. en los suelos del botadero del distrito del suelo.

Tabla 11: Características físicas del suelo (partículas texturales)

Características del suelo	Unidad	M1	M2	M3
Arena	%	70	80	65
Arcilla	%	10	5	10
Limo	%	20	15	25

La tabla 11. Muestra el porcentaje de las características físicas o partículas texturales del suelo, donde en la M1, se evidencia mayor porcentaje de arena 70 %, limo 20 % y arcilla 10 %. Así mismo en la M2, arena 80 %, limo 15% y arcilla 5%. Por último, en la M3, arena 65 %, limo 25 % y limo 10 %. Demostrando que, el suelo del botadero del distrito de llave contiene mayor porcentaje de arena, seguido limo y por último arcilla, correspondiendo a la Clase textural franco arenosa para P1, para P2, Arena franca y P3, Franco arenosa.

Estos resultados comparados con los de Vega (2019) son similares puesto que en su estudio, respecto al estado actual de las propiedades fisicoquímicas en suelos usados para la disposición de residuos sólidos, determinó que los suelos tienen la misma textura, lo que concuerda con un suelo franco arenoso basado en sus partes constituyentes. Mientras que en el estudio de Torre (2020) son diferentes, puesto que en su estudio evidenció 21 % de arena en la M1, 56% de arcilla y limo 23 %; en la M2, 25.5 % de arena, 57.5 % de arcilla y 17 % de limo, determinando que el suelo del botadero es arcilloso. Ticona & Apaza (2020), encontró que en la M1, existe arena al 71,83 %, 5.90 % arcilla y limo 23,27 %, clase textural franco arenoso; M2, arena 44,43 %, arcilla 5.20 % y limo 50,37 % clase textural franco limoso.

Tabla 12: Contenido de materia orgánica del suelo botadero distrito de llave.

	Unidad	P1	P2	P3
Materia Orgánica	%	1,61	0,94	1,07

La tabla 12. muestra el porcentaje de materia orgánica presentes en el suelo del botadero de llave, demostrando que el P1 existe mayor porcentaje 1,61 %, siguiendo en P3 con 1,07 % y por último el P2 con 0,94 %, demostrándose que en los tres puntos existe < 2 % (pobre) de materia orgánica en el suelo. Estos resultados con Balcazar et al (2020) en el estudio respecto a la contaminación del suelo por un verterlo a cielo abierto evidencio que la materia orgánica posee un mayor porcentaje de generación de 47.9%. Mientras que La Torre (2020), en su estudio, evidenció en la M1 4.35 % y en la M2 con 5.12 % de materia orgánica presentes en el suelo del botadero. Por último, Ticona & Apaza (2020), encontró una concentración de materia orgánica en la M1 3,99% y en la M2 con 4.80 %. Saavedra (2019) en la M2 también tenía un porcentaje mayor con 5,12%. con niveles típicos de materia orgánica en los suelos del vertedero, en consecuencia, concluye que la contaminación del suelo lixiviado del botadero de Cuñumbuque no es tan grave.A

continuación, se muestran los parámetros que fueron analizados, los cuales también se pueden observar en el **Anexo 2**.

Tabla 13: Características químicas del suelo botadero distrito llave

Parámetros	Unidad	P1	P2	P3
Conductividad Eléctrica	dS/m	0,79	0,56	0,45
pH	Unidad de pH	7,10	7,67	7,25
Fósforo	mg/Kg	31,60	21,20	7,20
Nitrógeno	mg/Kg	820,00	478,00	548,00
Potasio	ppm	133,43	192,25	140,99

La tabla 13. Muestras los valores de las características químicas del suelo del botadero del distrito de llave contaminado por los lixiviados, donde se evidencia que, para conductividad eléctrica, en el P1 se ha obtenido 0,79 dS/m, P2 con 0,56 dS/m y P3 con 0,45 dS/m, el suelo es ligeramente salino, puesto que los valores son < 2. Respecto al pH del suelo en el P1 se encuentra a 7,10, para el P2 con 7,67 y en el P3 en un valor de 7,25, demostrando que el suelo es ligeramente alcalino. Fósforo, en el P1 se evidencia una concentración muy alta de 31,60 mg/kg, en el P2 (alto) con 21,20 mg/kg y P3 a una concentración de 7,20 mg/kg (bajo). Nitrógeno, en el P1 se evidencia una concentración de 820 mg/kg, P2 con 478 mg/kg y en el P3 con 548 mg/kg, demostrando que existe una concentración alta de nitrógeno en el suelo. Potasio, en el P1 con 133,43 ppm, P2 con una concentración de 192,25 ppm y en el P3 con 140,99 ppm, evidenciando que existe una concentración muy alta de potasio en el suelo. Estos valores comparados con los de Torre (2020) son diferentes, en la M1, respecto a pH del suelo se encontró en un valor de

7,54 (moderadamente alcalino), Conductividad eléctrica 216,36 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (sin problemas de sales), fósforo 12,12 ppm (medio), potasio 265,32 ppm (alto), así mismo en la M2, pH 5.96 (moderadamente ácido), conductividad eléctrica 185,23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (sin problemas de sales), fósforo ppm 8,32 ppm (medio), potasio 203,63 ppm (medio). Mientras que Velasquez (2021) en el estudio ha obtenido resultados relativos a los niveles de contaminación del suelo, se encontraron las altas concentraciones de potasio (30,00 mg/L en el punto S5), cobre (1,95 mg/L en el punto S7), sulfatos (365,20 mg/L en el punto S8), nitratos (231,1 mg/L en el punto S7) y cloruros (85,80 mg/L en los puntos S7 y S8). Asimismo Ticona & Apaza (2020) en su estudio ha obtenido , 4940 uS/cm de Conductividad y 9.8 de pH. Los resultados en la investigación señalan el importante efecto ambiental negativo de los lixiviados creados en el botadero de Puno.

4.2 CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS CONTAMINADOS POR LIXIVIADOS GENERADOS EN EL BOTADERO EN COMPARACIÓN CON LOS ECA-SUELO, DISTRITO DE ILAVE - 2023.

A continuación, se detalla la concentración de los metales pesados presentes en el suelo procedente del botadero del distrito de Ilave. Ver tabla 14.

Tabla 14: Concentración de metales pesados en el suelo

Metales	Unidad	P1	P2	P3	ECA (Suelo Agrícola)	ECA (Suelo Residenci al/Parque)	ECA (Suelo Comercial/ industrial/ Extractivo)
Arsénico	mg/kg	116,70	88,60	62,40	50	50	140
Bario	mg/kg	216,50	173,30	248,30	750	500	2000
Cadmio	mg/kg	7,90	6,40	6,50	1,4	10	22
Cromo	mg/kg	25,70	21,60	28,90	0,4	0,4	1,4
Mercurio	mg/kg	822,00	578,00	690,00	6,6	6,6	24
Plomo	mg/kg	129,70	92,10	38,90	70	140	800

La tabla 14. muestra que, en el P1, existe mayor concentración de arsénico 116,70 mg/kg; Bario 248,30 mg/kg en el P3; Cadmio 7,90 mg/kg en el P1; Cromo 28,90 mg/kg en el P3; Mercurio 822 mg/kg en el P1; Plomo 129,70 mg/kg en el P1.

Para su mejor visualización ver las figuras que se detalla a continuación:

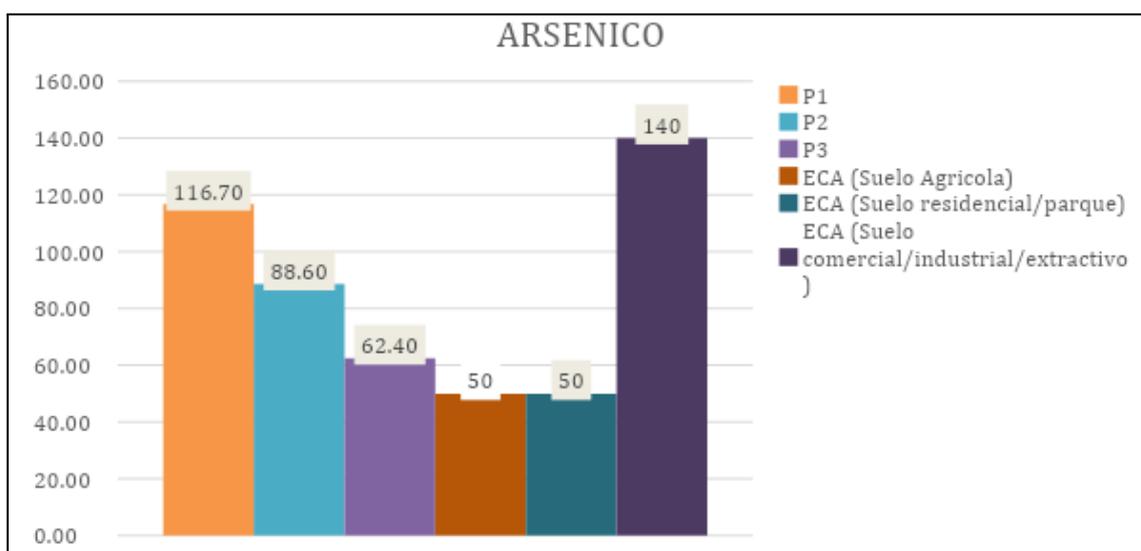


Figura 04: Concentración de arsénico en el suelo del botadero distrito llave

La figura 4. Muestra la concentración de Arsénico presentes en el suelo, evidenciándose que, en los dos puntos (P1 y P2), el suelo no se encuentra apto para uso agrícola y también para uso de suelo residencial/parque, puesto que sobrepasan los ECAs, mientras que en el (P3) es apto para uso comercial /industrial / extractivo, se encuentran dentro del rango establecido por el DS N° 011-2017-MINAM, demostrándose que, de acuerdo a la concentración de arsénico en el suelo del botadero, el suelo puede ser usado para actividades comerciales, industriales y extractivos. Estos resultados comparados con los obtenidos por Quispe & Silvestre (2019) en su estudio, en relación al arsénico, la concentración determinada se encontró en el rango de 7,6 y 222. 4 mg/Kg, con respecto al P1, se encuentra dentro del rango establecido, mientras que, el P2, sobrepasan. Torres (2020) , según los resultados de su estudio, todas las concentraciones de metales pesados en los suelos del vertedero de Cancharani, plomo (Pb), cadmio (Cd) y cobre (Cu)- superan las ECA, a excepción del mercurio (Hg) y el arsénico (As), que están dentro de las ECA para un suelo agrícola. También se establece que, a excepción del arsénico, cuya concentración incrementa a medida que se aleja del vertedero, los niveles de concentración de los metales pesados cadmio, plomo, mercurio y cobre disminuyen a medida que se alejan del núcleo del vertedero. Según el informe, el vertedero de Cancharani está envenenando el suelo local.

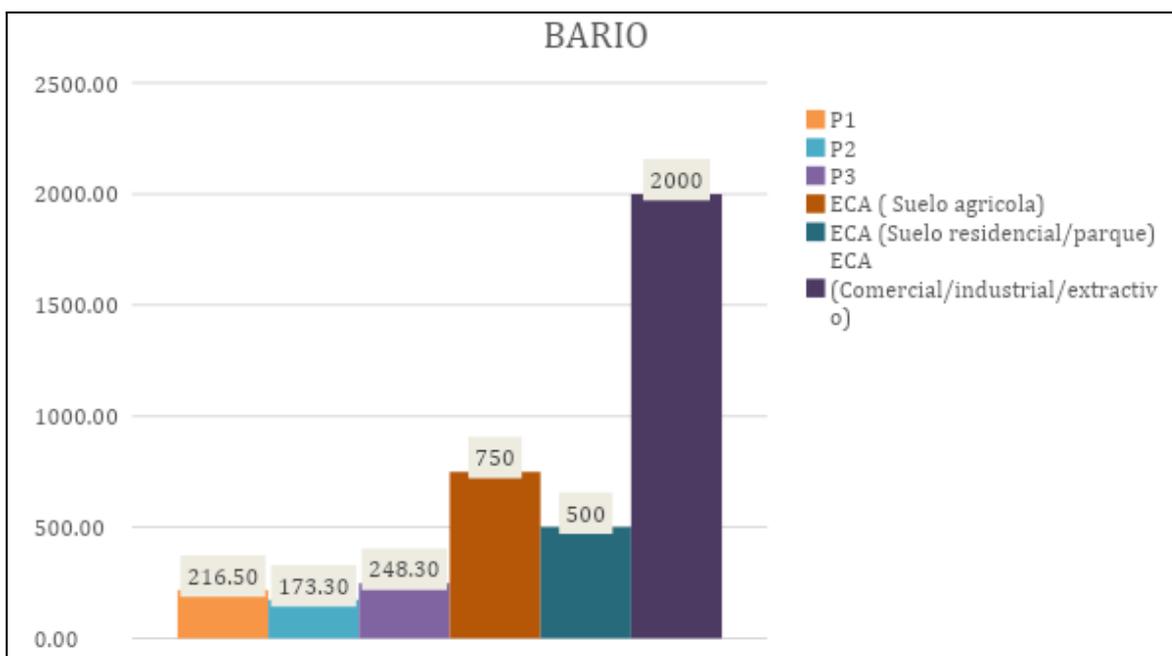


Figura 05: Concentración de bario en el suelo

La figura 5. Muestra la concentración de Bario presentes en el suelo, evidenciándose que, en los tres puntos, el suelo se encuentra apto para uso agrícola; también para uso de suelo residencial/parque y que para uso comercial /industrial / extractivo, puesto que se encuentran dentro de los ECAs, establecido por el DS N° 011-2017-MINAM. Evidenciado que, de acuerdo a la concentración de bario en el suelo del botadero, el suelo puede ser usado para estas tres categorías.

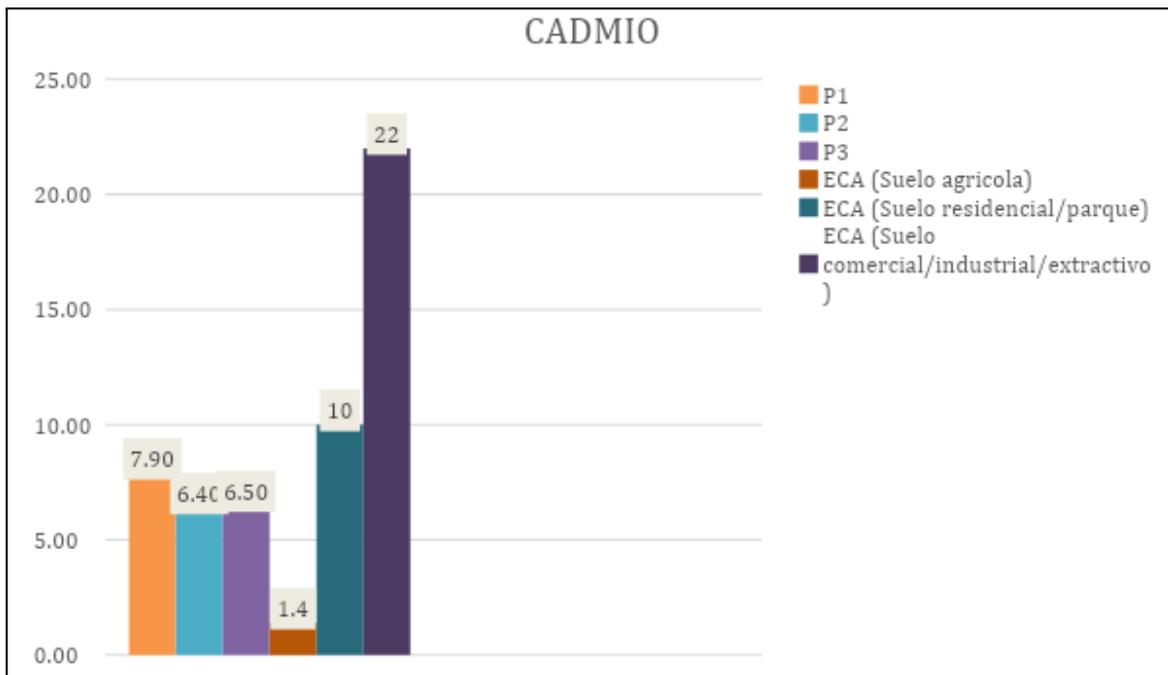


Figura 06: Concentración de cadmio en el suelo del botadero distrito de llave

La figura 6. Muestra la concentración de Cadmio presentes en el suelo, evidenciándose que, en los tres puntos, el suelo no se encuentra apto para uso agrícola y también para uso de suelo residencial/parque, puesto que sobrepasan los ECAs, mientras que para uso comercial /industrial / extractivo , se encuentran dentro del rango establecido por el DS N° 011-2017-MINAM, demostrándose que, de acuerdo a la concentración de cadmio en el suelo del botadero , el suelo puede ser usado para actividades comerciales, industriales y extractivos. Torre (2020), en su estudio determinó una concentración de 0.78 mg/kg en la M1 y en la M2 con 1.02 mg/kg de concentración de cadmio en el suelo del botadero, comparado con el ECA, se encuentra dentro del rango establecido. Diaz (2019), en su estudio respecto a la concentración de arsénico en el P1 con 18,752 mg/kg, P2 con 15,126 mg / kg y 6,321 mg/kg en el P3, estos valores comparados con el ECA para uso agrícola, no se encuentra dentro del rango, mientras que, para uso de parques, solo el P2, se encuentra, para uso industrial/extractivo, los tres puntos cumplen con lo establecido para esa categoría. Saavedra (2019) en cuanto a los porcentajes de metales

pesados, la muestra 2 (M2) tenía una mayor concentración de (Cd) con 1,2 y de (Pb) con 18,23, en comparación con la muestra 1 (M1), que tenía 0,78 de (Cd) y 14,23 de (Pb).

Barreto & Colque (2021) en el estudio obtuvo que Cd presentó 1.693 mg/kg en el punto 01, en el punto 2 con 1.735 mg/kg; punto 3 con 1.655 mg/kg; 1.743 mg/kg en el punto 4 y 2.806 mg/kg en el punto 5. donde comparado con el ECA el Cd sobrepasó lo permitido.

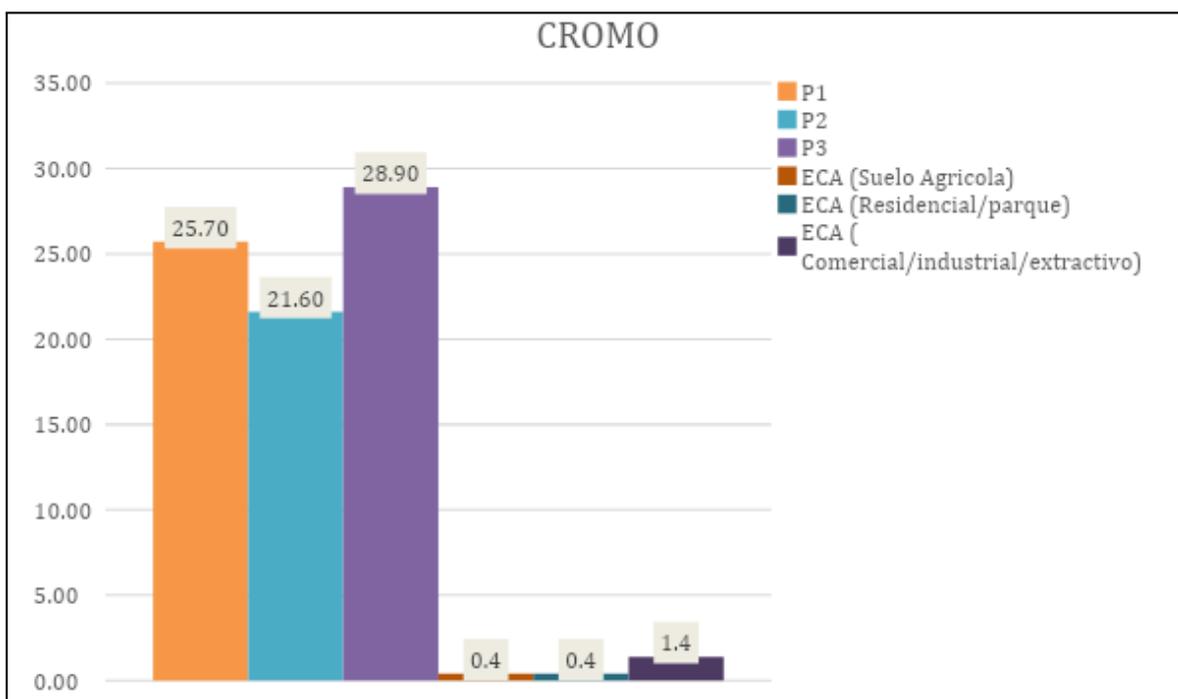


Figura 07: Concentración de cromo en el suelo del botadero distrito de llave

La figura 7. Muestras concentración de Cromo, comparado con los ECAs de las tres categorías, sobrepasan el rango establecido para uso, de acuerdo al por el DS N° 011-2017-MINAM. Demostrando que la concentración de este metal en el suelo es muy alta y que no son aptas para ser usadas para estas categorías. Estos resultados comparados con Diaz (2019) son diferentes, respecto a cromo en el P1 es de 0,045 mg/kg, P2 con 0,036 mg/kg y P3 0,024 mg/kg, se encuentran dentro de los ECAs. Mientras que, Velasquez (2021) , obtuvo una concentración de 0,15 mg/kg; 0,16 mg/ kg; 0,17 mg/kg; 0,18 mg/kg; 0,19 mg/kg y 0,22 mg/kg, estos valores se encuentran dentro del ECAs en las tres categorías. Barreto & Colque (2021) , en su resultado obtuvieron que,

en los 05 puntos Cr VI tiene una concentración de 0.20 mg/kg en los 5 puntos, donde concluyeron que el Cr se encuentra por debajo del ECA.

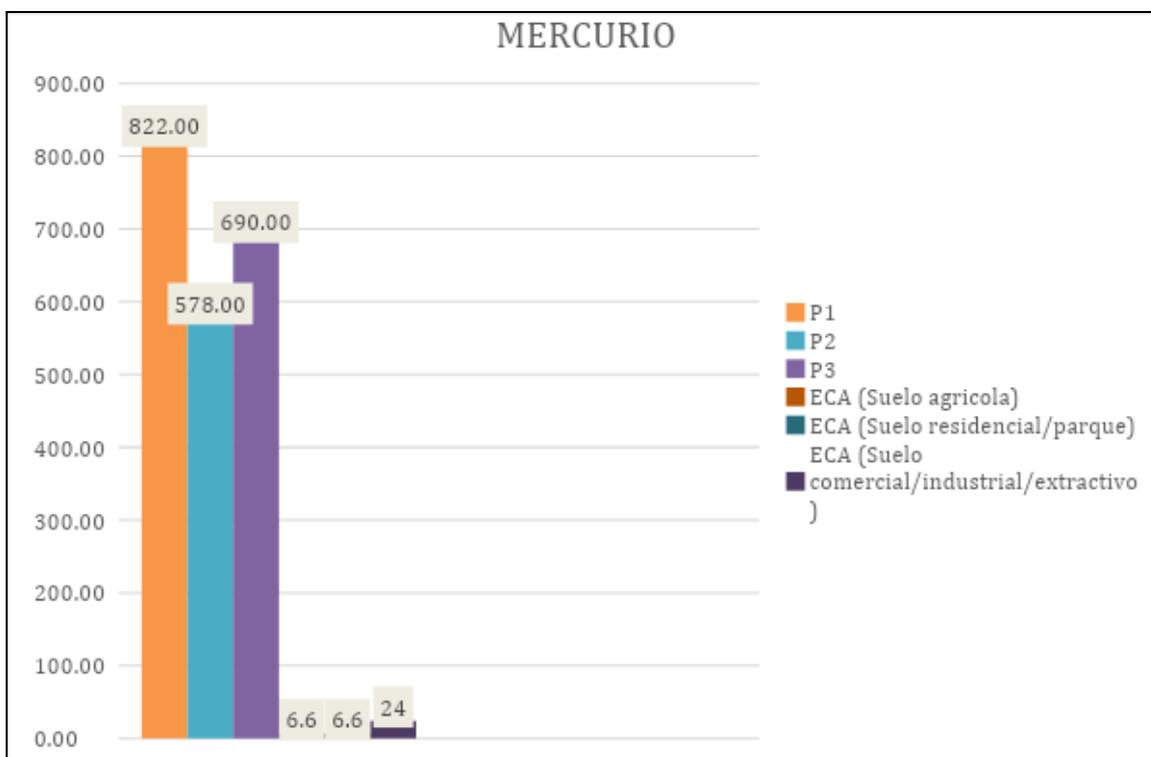


Figura 08. Concentración de mercurio en el suelo botadero distrito llave

La figura 8. Muestras concentración de Mercurio, comparado con los ECAs de las tres categorías, sobrepasan el rango establecido para uso, de acuerdo al por el DS N° 011-2017-MINAM. Demostrando que la concentración de este metal en el suelo es muy alta y que no son aptas para estas tres categorías. Esto comparado con Torres (2018) son diferentes encontró que en P1, P2, P3, P5, P7, P8 y P9, los valores son de 0,20 mg/kg, mientras que en P4 es de 0,37 mg/kg y P6 de 0,51 mg/kg.

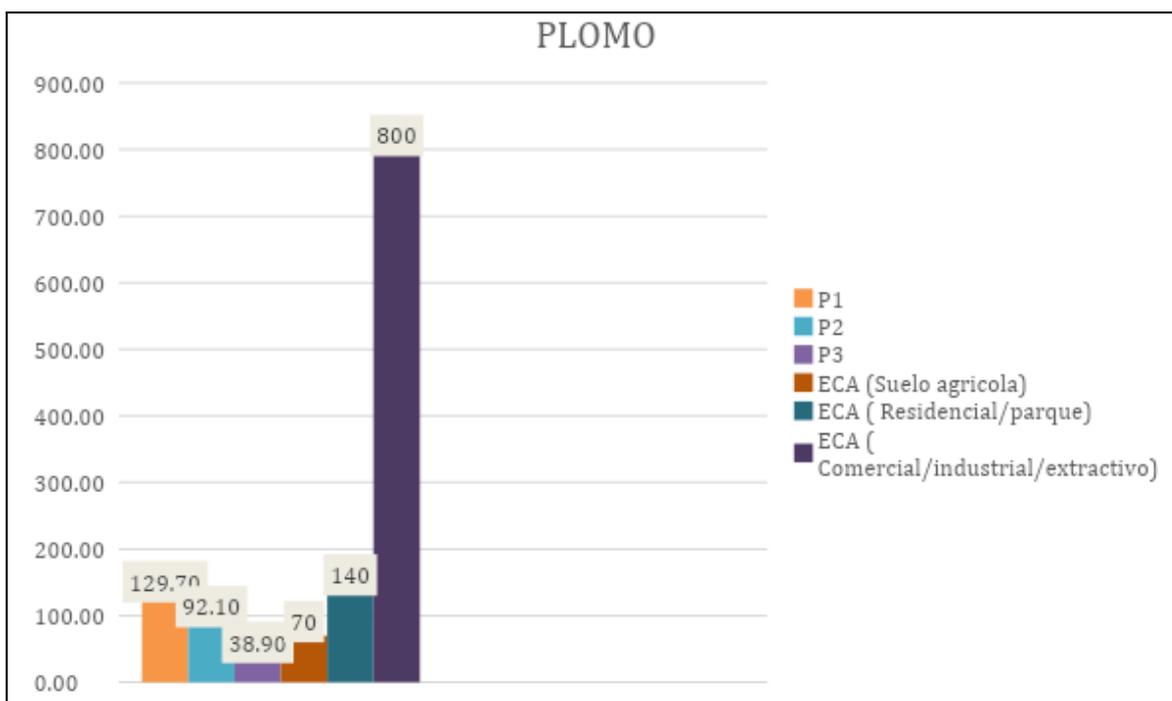


Figura 09: Concentración de plomo en el suelo botadero distrito de llave.

La figura 9. Muestra la concentración de plomo presentes en el suelo, evidenciándose que, en el P3, se encuentra dentro de lo establecido para las tres categorías, mientras que el P1 y P2, sobrepasan los estándares de calidad ambiental (ECA) para uso agrícola y para residencia/parque. Sin embargo, para uso comercial /industrial y extractivo se encuentran dentro del rango establecido por el DS N° 011-2017-MINAM. Estos valores comparados con La Torre (2020) , son diferentes, en su estudio determinó una concentración de 14,23 mg/kg en la M1 y un valor de 18,23 en la M2, comparado con el ECA, no sobrepasa. Diaz (2019), en su estudio obtuvo 17,36 mg/kg en el P1, en el P2 con 14,25 mg/kg y 11,69 mg/kg en el P3, estos valores se encuentran dentro del rango establecido. Carrillo & Solórzano (2020) en su estudio obtuvo una concentración de plomo 400 mg/kg en base seca, las conclusiones muestran que el LMP para Plomo en la matriz del suelo es de 400 mg/kg.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Formulación de la hipótesis estadística

H1= Los lixiviados generan contaminación en los suelos del botadero del distrito de llave - 2023.

H0= Los lixiviados no generan contaminación en los suelos del botadero del distrito de llave - 2023.

- Nivel de significancia = 5 % = 0,05 α
- Prueba Estadística de normalidad de datos: T- Student
- Estimador:

Si la probabilidad obtenida p-valor ≤ 0.05 , rechace H_0 (se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida p-valor > 0.05 , no rechace H_1 (se acepta H_0)

La tabla 15. Evidencia los datos estadísticos de muestra única de los parámetros fisicoquímicos del suelo.

Tabla 15: Estadístico de muestra única de parámetros fisicoquímicos de suelo

Parámetros fisicoquímicos	N	Media	Desviación Estándar	Media de error estándar
Arena	3	71,667	7,63763	4,40959
Arcilla	3	8,3333	2,88675	1,66667
Limo	3	20,0000	5,0000	2,88675
Materia Orgánica	3	1,2067	0,35529	0,20513
Conductividad	3	0,6	0,17349	0,10017
PH	3	7,34	0,29547	0,17059
Fósforo	3	20	12,24418	7,06918
Nitrógeno	3	615,3333	180,66913	104,30937
Potasio	3	155,5567	32,00139	18,47601

La tabla 16. Muestra prueba estadística de muestra única de los parámetros fisicoquímicos, donde se evidencia un p-valor $< 0,05$, por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna, donde podemos decir que, los lixiviados generan contaminación en los suelos del botadero del distrito de llave .

Tabla 16: Prueba de muestra única de parámetros fisicoquímicos de suelo

Parámetros fisicoquímicos	t	gl	p- valor	Diferencias de medias	95% de intervalo de confianza de diferencia	
					Inferior	Superior
Arena	-0,001	2	0,009	-0,00333	-18,9762	18,9696
Arcilla	0,002	2	0,009	0,00333	-7,1678	7,1744
Limo	0,0000	2	0,010	0,00000	-12,4207	12,4207
Materia orgánica	-0,016	2	0,009	-0,00333	-0,8859	0,8793
Conductividad	0,000	2	0,010	0,0000	-0,431	0,431
PH	0,0000	2	0,010	0,0000	-0,734	0,734
Fósforo	0,0000	2	0,010	0,0000	-30,4162	30,4162
Nitrógeno	0,0000	2	0,010	0,00333	-448,8037	448,8103
Potasio	0,0000	2	0,010	-0,00333	-79,4992	79,4925

En la tabla 17. Se evidencia los datos estadísticos de muestra única de los metales.

Tabla 17: Estadístico de muestra única de concentración de metales en el suelo

Metales	N	Media	Desviación Estándar	Media de error estándar
Arsénico	3	89,2333	27,15554	15,67826
Bario	3	179,3667	66,1091	38,16811
Cadmio	3	6,9333	0,83865	0,48419
Cromo	3	25,40	3,65923	2,11266
Mercurio	3	696,6667	122,13654	70,51556
Plomo	3	86,90	45,6228	26,34034

La tabla 18. Muestra prueba estadística de muestra única de metales en el suelo, donde se evidencia un p-valor < 0,05, por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna, donde podemos decir que, los lixiviados generan contaminación en los suelos del botadero del distrito de llave.

Tabla 18: Prueba de muestra única de la concentración de metales en el suelo

Metales	t	gl	P-Valor	Diferencias de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
Arsénico	0	2	0,010	0,00333	-67,4548	67,4614
Bario	-0,873	2	0,047	-33,3333 3	-197,5574	130,8908
Cadmio	0,007	2	0,009	0,00333	-2,08	2,0867
Cromo	11,833	2	0,007	25,0000	15,91	34,09
Mercurio	0,095	2	0,009	6,66667	-296,7373	310,0706
Plomo	-0,114	2	0,009	-3,00	-116,3333	110,3333

CONCLUSIONES

PRIMERA. Los suelos del botadero del distrito de llave se encuentran contaminados por Cromo 25,40 mg/kg y Mercurio 696,67 mg/kg, Arsénico 89,23 mg/kg y plomo 86,90 mg/kg probablemente, esto a consecuencia por el manejo y control inadecuado de los lixiviados producto de la inadecuada disposición final de los residuos sólidos, degradando así las características físico químicas del suelo evidenciadas por los análisis de suelos. Mediante la prueba estadística T- Student, se ha obtenido un p-valor $< 0,05$, por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna, donde podemos decir que, los lixiviados generan contaminación en los suelos del botadero del distrito de llave.

SEGUNDA. Respecto a la concentración de los parámetros fisicoquímicos del suelo del botadero del distrito de llave, en cuanto a las partículas texturales predomina el % de arena, seguida del limo y finalmente arcilla, correspondiendo a la clase textural, es franco arenosa; materia orgánica valores menores a 2 % en los tres puntos de monitoreo. Conductividad Eléctrica ligeramente salino (0,6), pH ligeramente alcalino (7,34), Nitrógeno (alto), Fósforo en la P1 (muy alto), P2 (alto) y P3 (bajo), Potasio (muy alto) en los tres puntos de monitoreo.

TERCERA. La concentración de metales pesados, Bario 212,70 mg/kg y Cadmio 6,93 mg/kg, se encuentran dentro del rango establecido por los ECA en los tres puntos de monitoreo, Cromo 25,40 mg/kg y Mercurio 696,67 mg/kg sobrepasan los ECA, mientras que el Arsénico 89,93 mg/kg, sobrepasa los ECAs para uso agrícola, residencial y parques, excepto para uso comercial/industrial/extractivo. El plomo 86,90 mg/kg, en el p1

y P2 , sobrepasan los ECA para uso agrícola, excepto P3, Mientras que, para los ECA categoría para uso residencial y uso comercial/industrial/extractivo, cumplen con los rangos establecidos por los ECA.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. Se recomienda a la municipalidad distrital de Llave considerar los resultados de la presente investigación, para tomar las medidas pertinentes a fin de mejorar la gestión y manejo de los residuos municipales, así como las condiciones para su disposición final.

SEGUNDA. Se recomienda incluir en el análisis del suelo la densidad aparente y color del suelo, así mismo, considerar más puntos de monitoreo para la determinación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos del suelo.

TERCERA. Se recomienda para posteriores investigaciones evaluar la composición de los lixiviados procedentes del botadero del distrito de Llave, así mismo incluir los análisis de aguas subterráneas de las zonas aledañas al botadero, para la determinación de la concentración especialmente de metales pesados.

BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano, E. (2019). *Parámetros físicos y químicos para la determinación de la calidad de los suelos en la Microcuenca Junjun*.
- Avelino, C. (2019). *Reducción de compuestos orgánicos persistentes mediante el uso de biosólidos en los suelos agrícolas de Carabaylo—Lima*.
<http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4424/avelino%20carhuaricra%20quimica%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Balcazar, I., Gómez, A., García, J., & López, G. (2020). *Efectos de contaminantes en suelo por un vertedero a cielo abierto en Tabasco*.
- Barreto, R., & Colque, W. (2021). *Evaluación de la concentración de cromo VI, cadmio y plomo presentes en suelos agrícolas a causa del lixiviado proveniente del botadero municipal de la provincia de Espinar—Cusco 2021*.
- Carrillo, M., & Solórzano, M. (2020). *Evaluación de la concentración de metales pesados: Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc , en zonas aledañas al relleno sanitario del municipio de Texistepeque, Santa Ana, El Salvador*.
<https://core.ac.uk/download/pdf/362676338.pdf>
- CESEL. (2021). *Plan de Manejo Ambiental del proyecto «Instalación Central Térmica Quillabamba y Sistema de Transmisión Asociada Santa Ana, La Convención, Cusco»*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>
- Díaz, B. (2019). *Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo-2018*.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31560/D%c3%adaz_FBW.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- FAO. (2019). *Evapotranspiración del cultivo—Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*.
- Gómez, J., & Palma, N. (2023). *Efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de*

- Pucallpa, departamento de Ucayali. Universidad Nacional de Ucayali.*
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*.
- MINAM. (2014). *GUÍA PARA ELABORAR EL PLAN DISTRITAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS*.
- MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Suelo*.
- Moreno, J., & Torres, J. (2020). *Evaluación de los niveles de presión sonora en el barrio La Giralda de Bogotá D. C. Estableciendo los niveles de riesgo físico y morbilidad sentida*.
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2783&context=ing_ambiental_sanitaria
- Pomari. (2019). *Evaluación de la capacidad fitoextractora de la alfalfa (Medicago sativa) y rábano fitoextractora (Raphanus sativus) sobre la remoción de Hg en suelos contaminados por actividad minera*. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/4848>
- Quispe, C., & Silvestre, N. (2019). *Nivel de concentración de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica*.
- Saavedra, K. (2019). *Contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero de Cuñumbuque, San Martín, 2019*.
- Sanchez, W. (2019). *Evaluación de los lixiviados generados en el botadero de Carhuashjirca y los impactos ambientales generados en la quebrada vientojirca- Independencia-Huaraz- Ancash-2018*. Universidad Nacional « Santiago Antúnez de Mayolo».
- Ticona, L., & Apaza, C. (2020). *Evaluación del impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre el suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani—Puno*.
- Vega, Y. (2019). *Diagóstico de las propiedades fisicoquímicas en suelos usados para la disposición de residuos sólidos urbanos en el Lote Camellón de Las Camelias en*

el Municipio de San Martín, Meta.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18424/2019yessikavega?sequence=7&isAllowed=y>

Velásquez, H. (2018). *Factores antropogénicos y naturales que causan subsidencia en suelos finos loésicos*.

Velasquez, L. (2021). *Evaluación de niveles de contaminación de agua y suelo generados por los lixiviados del botadero de Chilla en Juliaca, 2021*.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS GENERADOS EN EL BOTADERO DEL DISTRITO DE ILAVE - 2023

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
<p>GENERAL ¿Cómo es la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave - 2023?</p> <p>ESPECÍFICOS ¿Cuál será la concentración de los parámetros fisicoquímicos en los suelos contaminados por lixiviados generados por el botadero del distrito de Ilave - 2023?</p> <p>¿Cuál es la concentración de los metales pesados del suelo contaminado por lixiviados generados en el botadero en comparación con los ECA Suelo, del distrito de Ilave - 2023?</p>	<p>GENERAL Evaluar la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave - 2023</p> <p>ESPECÍFICOS Determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado por lixiviados en el botadero del distrito de Ilave - 2023</p> <p>Determinar la concentración de metales pesados en el suelo contaminado por lixiviados generados en el botadero en comparación con los ECA-Suelo. distrito de Ilave - 2023</p>	<p>GENERAL Los lixiviados generan contaminación en los suelos del botadero del distrito de Ilave - 2023</p> <p>ESPECÍFICAS Los suelos contaminados por lixiviados presentan parámetros fisicoquímicos de características diferentes - 2023</p> <p>La concentración de metales pesados supera los valores establecidos en los ECA Suelo - 2023.</p>	<p>Variable Independiente Contaminación del suelo por lixiviados</p> <p>Variable Dependiente Botadero del distrito de Ilave</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Textura - Color - Densidad - pH - Conductividad - Materia orgánica (MO) - Nitrógeno total - Fósforo - Potasio - Metales pesados 	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de recolección de datos. - Estándar de Calidad Ambiental para suelo (ECA) - Guía para el muestreo de suelos 	<p>Tipo de Investigación Descriptivo</p> <p>Diseño de Investigación No experimental</p> <p>Técnica para la recolección de datos - Observación - Registros - Fichas de recolección - Análisis en Laboratorio</p>

Anexo 02: Resultado de los parámetros fisicoquímicos del suelo



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-14818

N° Id.: 0000083006

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: NAVARRO QUISPE YESSENIA
2.-DIRECCIÓN	: JR MAYPU - PUNO
3.-PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR LIXIVIADOS GENERADOS EN EL BOTADERO DEL DISTRITO DE ILAVE - 2023
4.-PROCEDENCIA	: PUNO
5.-SOLICITANTE	: NAVARRO QUISPE YESSENIA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 000003527-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-08-02

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Suelos
3.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
4.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-07-19
5.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-07-19 al 2023-08-02

Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 1 de 3



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-14818

N° Id.: 0000083006

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en Suelos ²	MVAL-AGR-02:2020	Determination of Conductivity.
pH (Extracto 1:1) en Suelos ²	MVAL-AGR-001.	pH Determination (1:1; 1:2.5; 1:10; EPS)
Preparación de Muestras Suelos ⁽¹⁾	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, AS-01, ítem 7.1.1	Preparación de Suelos Agrícolas
Clase Textural ²	Official Mexican Standard, NOM-021-RECNAT-2000, AS-09 (Validated - Modified).	Official Mexican Standard, NOM-021-RECNAT-2000, AS-09 (Validated - Modified). Which establishes the specifications of fertility, salinity and classification of soils. Studies, sampling and analysis - Determination of Textural Class
Materia Orgánica ⁽¹⁾	Official Mexican NORMA NOM-021-RECNAT-2000.	Which establishes the specifications of fertility, salinity, and soil classification, Studies, sampling and analysis. AS-07; ítem 7.1.7. Organic Matter Content by the Walkley and Black Method.
Fósforo Disponible Olsen ²	Official Mexican Standard, NOM-021-RECNAT-2000, AS-10. (Validated - Applied out of reach)	Which establishes the specifications of fertility, salinity and classification of soils. Studies, sampling and analysis - Determination of Available Phosphorus Olsen.
Nitrógeno Total ²	ISO 16634-2: 2016 (Validated - Modified)	Determination of Total Nitrogen Content by Combustion according to the Dumas Principle
Potasio Disponible ⁽¹⁾	Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego, ítem 4.6.3	Saturación con acetato de amonio 1N pH 7.0. Lectura en espectrofotómetro

⁽¹⁾NOM: Norma Oficial Mexicana

⁽²⁾ISO: International Organization for Standardization

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 2 de 3



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-14818

N° Id.: 0000083006

IV. RESULTADOS

ITEM	1			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-47463			
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS	NO APLICA			
DESCRIPCIÓN	P1-1			
TIPO DE PRODUCTO	Suelos			
SUB TIPO PRODUCTO	Suelos			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO :	18-07-2023 15:50			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en Suelos ²	dS/m	NA	0,01	0,79
pH (Extracto 1:1) en Suelos ²	Unidad de pH	NA	0,01	7,10
Preparación de Muestras Suelos (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Materia Orgánica (*)	%	0,10	0,20	1,61
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	70
Arcilla ²	%	NA	NA	10
Limo ²	%	NA	NA	20
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	Fr,A
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	31,60
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	820,00
Potasio Disponible (**)	ppm	10,00	30,00	133,43

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² El Ensayo indicado no ha sido acreditado

³ Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "²"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "²"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso

Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. Arcilloso

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág. 3 de 3

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-14817

N° Id.: 0000083005

IV. RESULTADOS

ITEM	1			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-47462			
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS	NO APLICA			
DESCRIPCIÓN	P2-1			
TIPO DE PRODUCTO	Suelos			
SUB TIPO PRODUCTO	Suelos			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO :	18-07-2023 16:17			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en Suelos ²	dS/m	NA	0,01	0,56
pH (Extracto 1:1) en Suelos ²	Unidad de pH	NA	0,01	7,67
Preparación de Muestras Suelos (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Materia Orgánica (*)	%	0,10	0,20	0,94
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	80
Arcilla ²	%	NA	NA	5
Limo ²	%	NA	NA	15
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	A,Fr
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	21,20
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	478,00
Potasio Disponible (**)	ppm	10,00	30,00	192,25

(1) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-14816

N° Id.: 0000083004

IV. RESULTADOS

ITEM	1			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-47461			
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS	NO APLICA			
DESCRIPCIÓN	P3-1			
TIPO DE PRODUCTO	Suelos			
SUB TIPO PRODUCTO	Suelos			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO :	18-07-2023 16:35			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en Suelos ²	dS/m	NA	0,01	0,45
pH (Extracto 1:1) en Suelos ²	Unidad de pH	NA	0,01	7,25
Preparación de Muestras Suelos (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Materia Orgánica (*)	%	0,10	0,20	1,07
Clase Textural				
Arena ²	%	NA	NA	65
Arcilla ²	%	NA	NA	10
Limo ²	%	NA	NA	25
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	Fr,A
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	7,20
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	548,00
Potasio Disponible (**)	ppm	10,00	30,00	140,99

(¹) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(²) El Ensayo indicado no ha sido acreditado
² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *c*= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *c*= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

Anexo 03: Resultados de la concentración de metales pesados del suelo



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-14815

N° Id.: 0000083003

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Preparación de Muestras Suelos ^(*)	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, AS-01, ítem 7.1.1	Preparación de Suelos Agrícolas
Metales Totales en suelos ICP MS ²	EPA METHOD 6020B, Rev2, 2014 / EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996 / EPA METHOD 6020B, Rev.2, 2014 / EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996. VALIDATED (Applied out of reach), 2020.	Metals: Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn, Hg / Validated: B, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th. Inductively coupled plasma-mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils.

^{*}EPA^{*} : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

^{*}NOM^{*} : Norma Oficial Mexicana

² Ensayo acreditado por el IAS

^(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

📍 **SEDE PRINCIPAL**
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 2 de 4

🌐 www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-14815

N° Id.: 0000083003

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-23-47460
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				NO APLICA
DESCRIPCIÓN				P1-2
TIPO DE PRODUCTO				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO				Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				18-07-2023 15:55
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Preparación de Muestras Suelos (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Metales Totales en suelos ICP MS				
Aluminio ²	mg/Kg	0,10	0,30	18 030,00
Antimonio ²	mg/Kg	0,06	0,20	10,20
Arsénico ²	mg/Kg	0,02	0,10	116,70
Bario ²	mg/Kg	0,01	0,03	216,50
Berilio ²	mg/Kg	0,01	0,03	3,10
Bismuto ²	mg/Kg	0,06	0,20	3,10
Boro ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg	0,005	0,020	7,900
Calcio ²	mg/Kg	0,1	0,4	7 301,5
Cerio ²	mg/Kg	0,04	0,10	76,70
Cobalto ²	mg/Kg	0,05	0,20	27,10
Cobre ²	mg/Kg	0,005	0,020	35,500
Cromo ²	mg/Kg	0,01	0,03	25,70
Estaño ²	mg/Kg	0,03	0,10	11,70
Estroncio ²	mg/Kg	0,05	0,20	33,90
Fosforo ²	mg/Kg	0,04	0,10	641,20
Hierro ²	mg/Kg	0,06	0,20	22 078,90
Litio ²	mg/Kg	0,003	0,010	92,000
Magnesio ²	mg/Kg	0,06	0,20	13 551,30
Manganeso ²	mg/Kg	0,01	0,03	2 198,40
Mercurio ²	mg/Kg	0,01	0,04	822,00
Molibdeno ²	mg/Kg	0,03	0,10	38,60
Niquel ²	mg/Kg	0,01	0,04	20,10
Plata ²	mg/Kg	0,03	0,10	44,00
Plomo ²	mg/Kg	0,05	0,20	129,70
Potasio ²	mg/Kg	0,30	1,00	1 464,40

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

Pág. 3 de 4

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-14814

N° Id.: 0000083002

IV. RESULTADOS

ITEM		1			
CÓDIGO DE LABORATORIO		M-23-47459			
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS		NO APLICA			
DESCRIPCIÓN		P2-2			
TIPO DE PRODUCTO		Suelos			
SUB TIPO PRODUCTO		Suelos			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO :		18-07-2023 16:17			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Preparación de Muestras Suelos (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO	
Metales Totales en suelos ICP MS					
Aluminio ²	mg/Kg	0,10	0,30	15 420,00	
Antimonio ²	mg/Kg	0,05	0,20	6,50	
Arsénico ²	mg/Kg	0,02	0,10	88,60	
Bario ²	mg/Kg	0,01	0,03	173,30	
Berilio ²	mg/Kg	0,01	0,03	3,00	
Bismuto ²	mg/Kg	0,05	0,20	1,30	
Boro ²	mg/Kg	0,03	0,10	-0,10	
Cadmio ²	mg/Kg	0,005	0,020	6,400	
Calcio ²	mg/Kg	0,1	0,4	97 111,7	
Cerio ²	mg/Kg	0,04	0,10	36,10	
Cobalto ²	mg/Kg	0,05	0,20	13,40	
Cobre ²	mg/Kg	0,005	0,020	37,800	
Cromo ²	mg/Kg	0,01	0,03	21,60	
Estaño ²	mg/Kg	0,03	0,10	6,30	
Estroncio ²	mg/Kg	0,05	0,20	81,80	
Fosforo ²	mg/Kg	0,04	0,10	835,10	
Hierro ²	mg/Kg	0,05	0,20	15 081,80	
Litio ²	mg/Kg	0,003	0,010	83,700	
Magnesio ²	mg/Kg	0,05	0,20	9 632,00	
Manganeso ²	mg/Kg	0,01	0,03	830,30	
Mercurio ²	mg/Kg	0,01	0,04	578,00	
Molibdeno ²	mg/Kg	0,03	0,10	37,00	
Niquel ²	mg/Kg	0,01	0,04	18,60	
Plata ²	mg/Kg	0,03	0,10	18,00	
Piomo ²	mg/Kg	0,05	0,20	92,10	
Potasio ²	mg/Kg	0,30	1,00	1 696,30	

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, *c*= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, *c*= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 618 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-14813

N° Id.: 0000083001

IV. RESULTADOS

ITEM	1			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-47458			
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS	NO APLICA			
DESCRIPCIÓN	P3-2			
TIPO DE PRODUCTO	Suelos			
SUB TIPO PRODUCTO	Suelos			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO :	18-07-2023 16:38			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Preparación de Muestras Suelos (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO
Metales Totales en suelos ICP MS				
Aluminio ²	mg/Kg	0,10	0,30	16 540,00
Antimonio ²	mg/Kg	0,06	0,20	13,20
Arsénico ²	mg/Kg	0,02	0,10	62,40
Bario ²	mg/Kg	0,01	0,03	248,30
Berilio ²	mg/Kg	0,01	0,03	2,90
Bismuto ²	mg/Kg	0,06	0,20	2,10
Boro ²	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Cadmio ²	mg/Kg	0,005	0,020	6,500
Calcio ²	mg/Kg	0,1	0,4	7 174,1
Cerio ²	mg/Kg	0,04	0,10	33,00
Cobalto ²	mg/Kg	0,05	0,20	14,20
Cobre ²	mg/Kg	0,005	0,020	31,200
Cromo ²	mg/Kg	0,01	0,03	28,90
Estaño ²	mg/Kg	0,03	0,10	12,50
Estroncio ²	mg/Kg	0,05	0,20	44,30
Fosforo ²	mg/Kg	0,04	0,10	620,40
Hierro ²	mg/Kg	0,06	0,20	17 871,00
Litio ²	mg/Kg	0,003	0,010	66,400
Magnesio ²	mg/Kg	0,06	0,20	8 654,70
Manganeso ²	mg/Kg	0,01	0,03	619,10
Mercurio ²	mg/Kg	0,01	0,04	690,00
Molibdeno ²	mg/Kg	0,03	0,10	38,00
Niquel ²	mg/Kg	0,01	0,04	20,40
Plata ²	mg/Kg	0,03	0,10	13,00
Plomo ²	mg/Kg	0,05	0,20	38,90
Potasio ²	mg/Kg	0,30	1,00	1 368,10

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.3 de 4

Anexo 04: Panel fotográfico de la toma de muestra del suelo

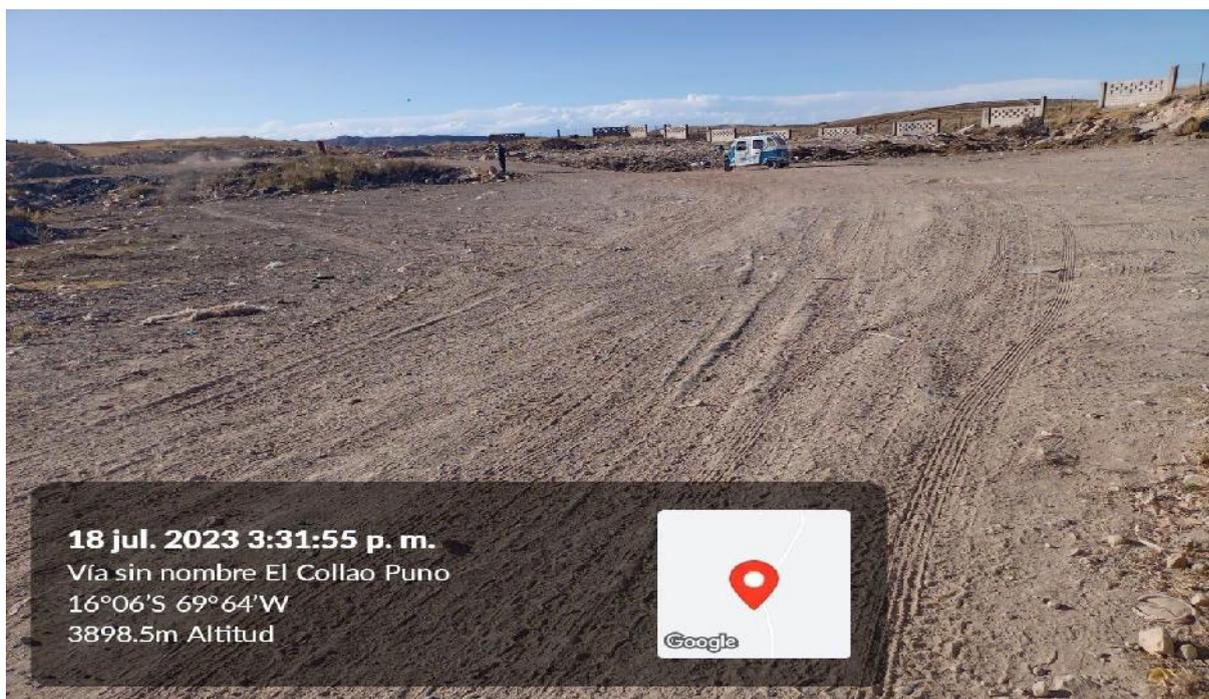
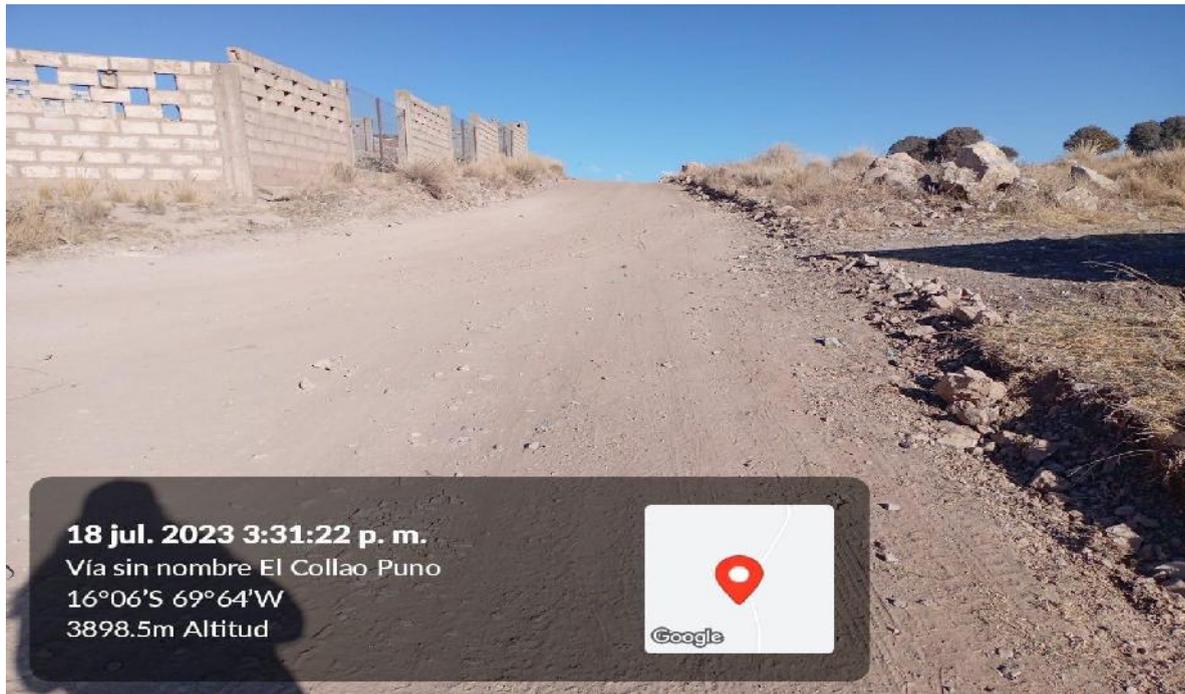


Figura 10. Vista de la carretera para llegar al botadero de llave

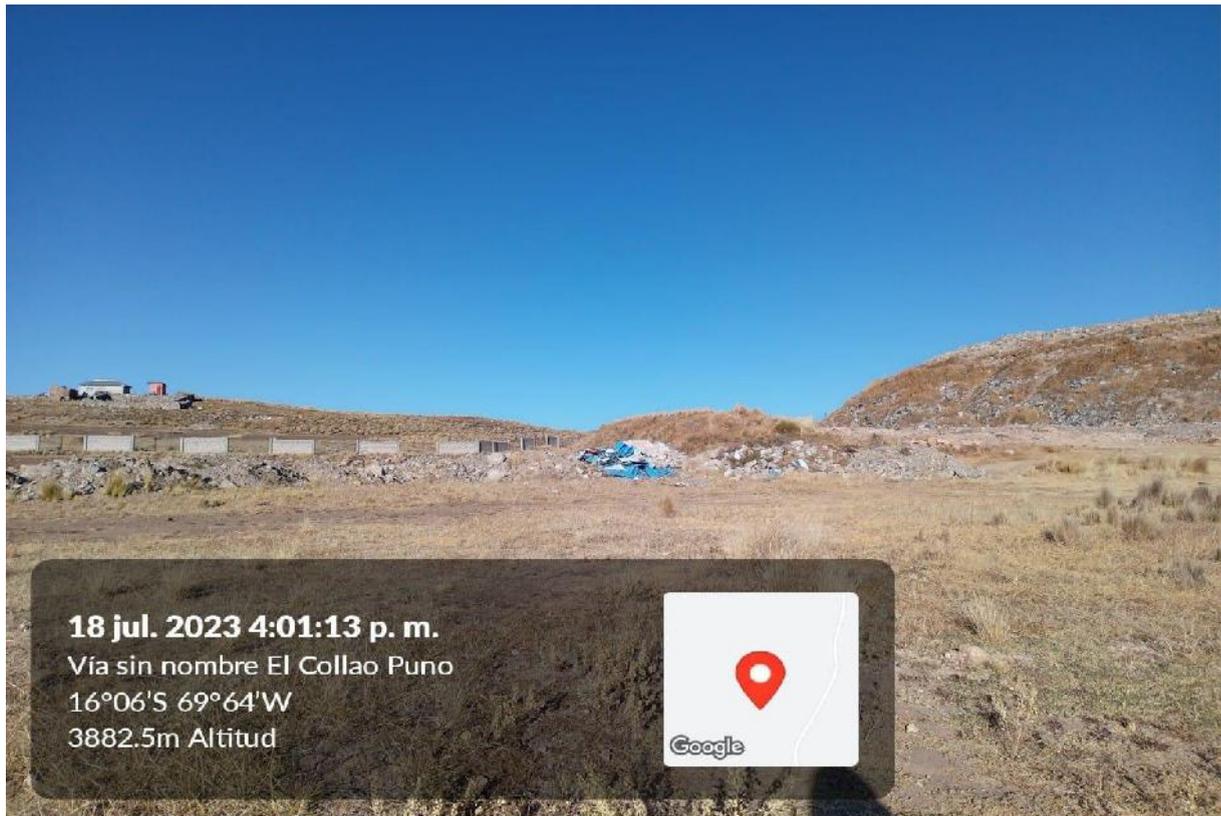
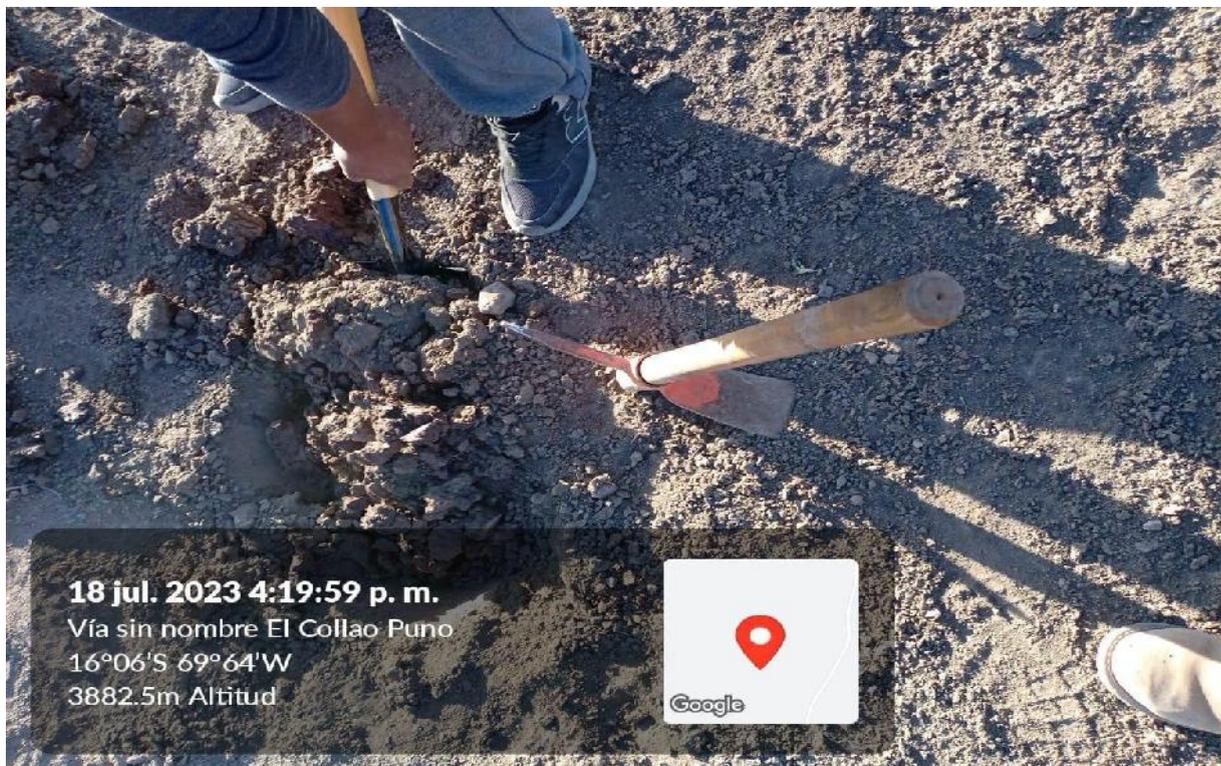


Figura 11. Vista panorámica del botadero del distrito de Ilave



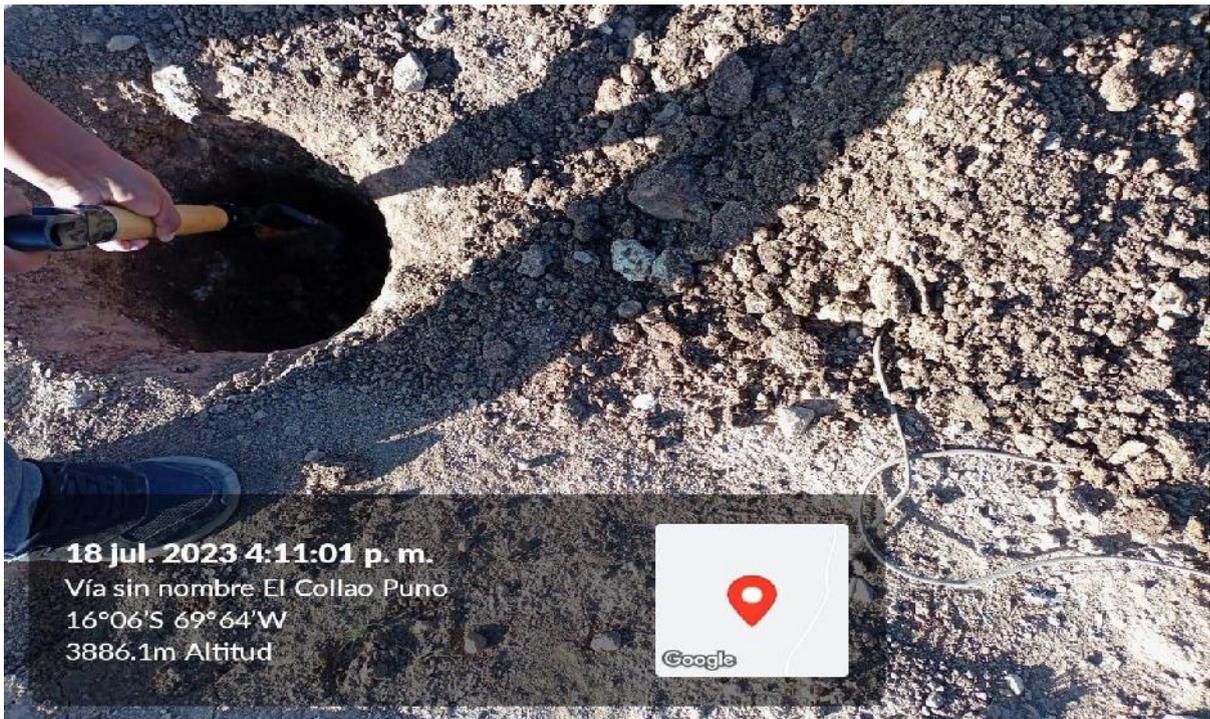
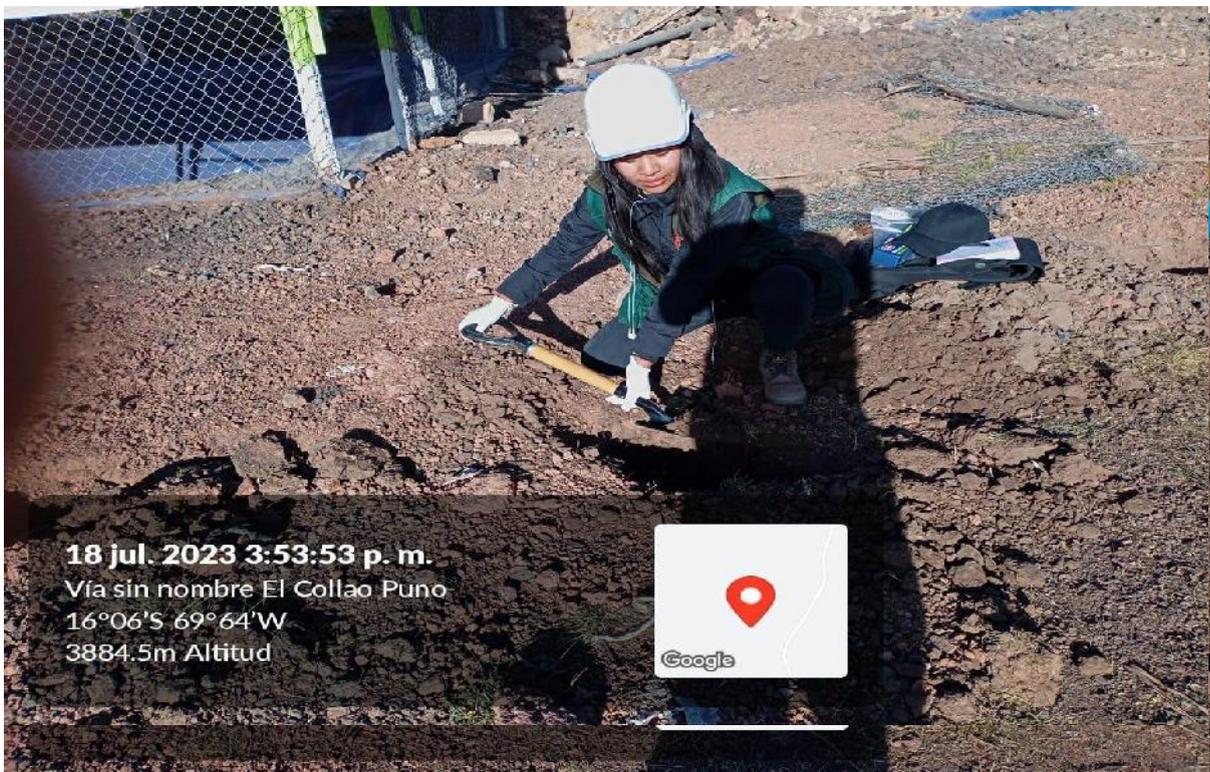


Figura 12. Excavación del suelo para la toma de muestra



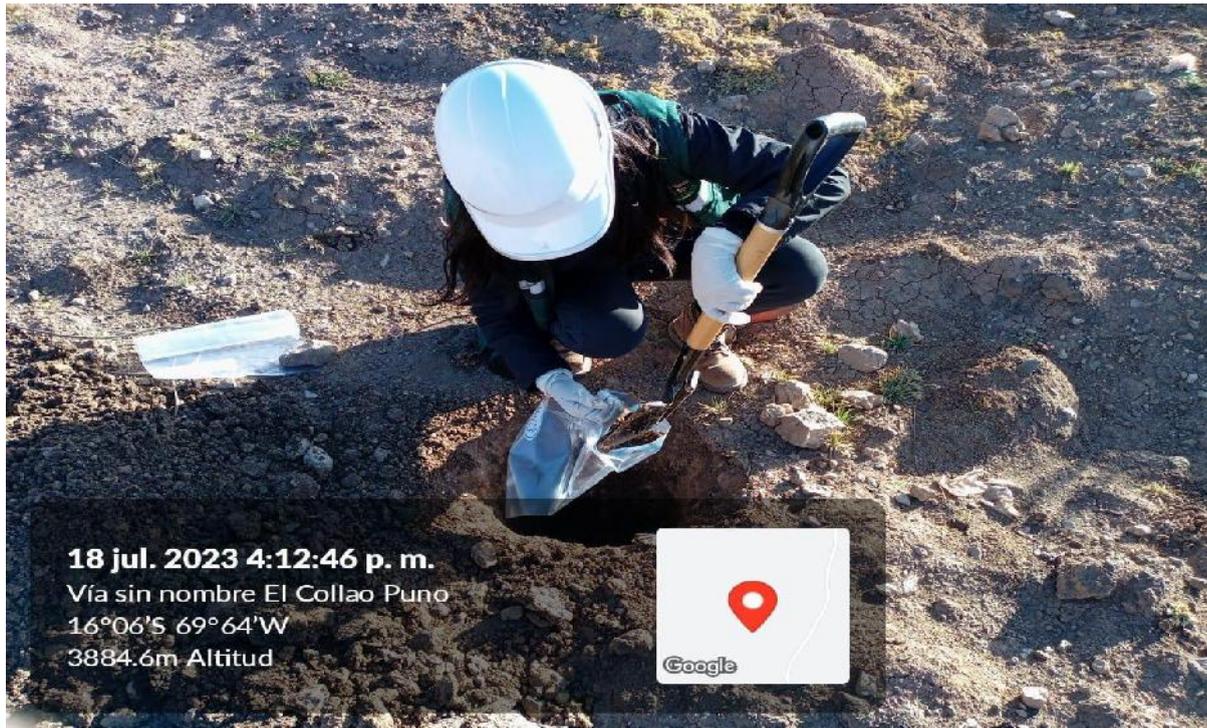


Figura 13. Recojo de la muestra

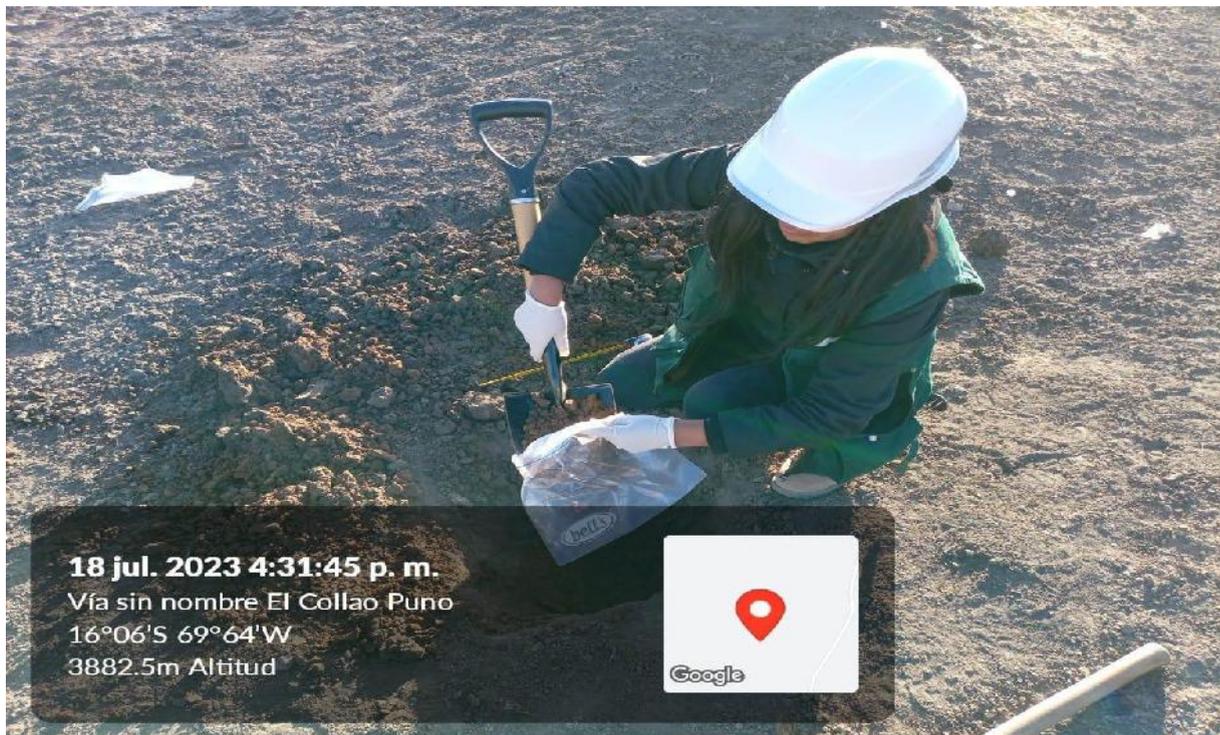


Figura 14. Colocación de las muestras en las bolsas de polietileno



Figura 15. Muestra de suelo de los tres puntos