

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CONTAMINACIÓN DE AGUA Y SUELO POR LIXIVIADOS DEL BOTADERO DE
CONCHATANCA MACUSANI PUNO, 2024**

PRESENTADA POR:

FRANKLIN BERNARDO MOROCCO VALERIANO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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/)



8.44%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 7 APR 2025, 5:48 PM

Similarity report

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

● IDENTICAL
1.44%

● CHANGED TEXT
6.99%

Report #25675191

FRANKLIN BERNARDO MOROCCO VALERIANO // CONTAMINACIÓN DE AGUA Y SUELO POR LIXIVIADOS DEL BOTADERO DE CONCHATANCA MACUSANI PUNO, 2024 RESUMEN El objetivo del estudio fue evaluar los niveles de contaminación en el suelo y el agua generados por los lixiviados del botadero de Conchatanca, determinando la presencia de metales pesados y otros contaminantes químicos, para comprender su impacto ambiental. En cuanto a la metodología fue diseño de investigación no experimental de tipo descriptivo. Los resultados mostraron niveles altos de cadmio en el suelo de 1.57 mg/kg, superando los límites permitidos para suelos agrícolas de 1.40 mg/kg, en el agua y altas concentraciones conductividad eléctrica de 1566.67 μ S/cm que supera los límites permitido, el cadmio de 1.05 mg/L con límite 0.003 mg/L, el cromo total de 0.35 mg/L límite permitido de 0.05 mg/L estos valores exceden los límites permisibles. El DBO de 37.15 mg/L y DQO de 47.85 mg/L superan ampliamente el límite permitido para agua. Además, se observó una elevada conductividad eléctrica en ambos medios, lo que indica una contaminación significativa por sales disueltas, y un pH alcalino en algunas muestras de agua, afectando la calidad de los cuerpos de agua subterránea. En conclusión, los lixiviados del botadero de Conchatanca han provocado una contaminación considerable del suelo y el agua, especialmente por la presencia de metales pesados como cadmio y cromo VI. Estos resultados evidencian la

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

**CONTAMINACIÓN DE AGUA Y SUELO POR LIXIVIADOS DEL BOTADERO DE
CONCHATANCA MACUSANI PUNO, 2024**

PRESENTADA POR:

FRANKLIN BERNARDO MOROCCO VALERIANO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales.

Puno, 28 de abril de 2025

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen inmaculada concepción por permitirme realizar este trabajo satisfactoriamente, a mi familia quienes han sido mi mayor impulso, comenzando por mis padres: Felix Morocco Soncco, remigia valeriano anahui, por su amor, paciencia, sobre todo por el apoyo incondicional en cada paso que vamos dando en nuestra vida y carrera profesional; también a mis hermanos que ha estado pendiente de mi formación y crecimiento profesional.

De manera muy especial queremos dedicarle este logro a mi hijo angelito a mi hijo amaru Nicolás que desde cielo me viene iluminando y brindando fuerzas para alcanzar mis sueños

Franklin Bernardo Morocco Valeriano

AGRADECIMIENTOS

A la Municipalidad Provincial de Carabaya mediante la Gerencia de Medio Ambiente por brindarme la oportunidad de realizar la presente investigación en la ciudad de Macusani Carabaya, la Universidad Privada San Carlos de Puno, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por su aporte significativo en mi formación académica y en especial a mi padres por su enorme apoyo incondicional.

Franklin Bernardo Morocco Valeriano

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.2. ANTECEDENTES	17
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	17
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	18
1.2.3. A NIVEL LOCAL O REGIONAL	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS	22
2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	23
2.1.3. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN EL PERÚ	23
2.1.4. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	24
2.1.5. CONTAMINACIÓN DEL SUELO	24
2.1.6. CONTAMINACIÓN DEL AGUA	25
2.1.7. LIXIVIADOS Y SU COMPOSICIÓN	25
2.1.8. EFECTOS AMBIENTALES DE LOS LIXIVIADOS EN EL SUELO	26
2.1.9. EFECTOS AMBIENTALES DE LOS LIXIVIADOS EN EL AGUA	26
2.1.10. IMPACTOS SOCIALES DE LA CONTAMINACIÓN POR LIXIVIADOS A LA SALUD PÚBLICA Y CALIDAD DE VIDA Y BIENESTAR SOCIAL	26
2.2. MARCO CONCEPTUAL	27
2.2.1. BOTADERO MUNICIPAL	27
2.2.2. ECA	27
2.2.3. LMP	27
2.2.4. LIXIVIADOS	28
2.2.5. METALES PESADOS	29
2.2.6. NIVELES DE CONTAMINACIÓN	29
2.2.7. RESIDUO	29
2.2.8. RESIDUOS SÓLIDOS	30
2.3. MARCO NORMATIVO	30
2.3.1. LEY N° 28611 - LEY GENERAL DEL AMBIENTE	30
2.3.2. LEY N° 27314 - LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	30

2.3.3. LEY N° 29338 - LEY DE RECURSOS HÍDRICOS	30
2.3.4. DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM	31
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	31
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	31
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	31
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	32
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	33
3.2.1. POBLACIÓN	33
3.2.2. MUESTRA	33
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	34
3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS.	34
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	36
3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	37
CAPÍTULO IV	
EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. DETERMINAR LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO GENERADOS POR LOS LIXIVIADOS DEL BOTADERO CONCHATANCA MACUSANI PUNO, 2024	38
4.1.1. LIXIVIADO	43
4.2. DETERMINAR LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA GENERADOS POR LOS LIXIVIADOS DEL BOTADERO CONCHATANCA MACUSANI PUNO, 2024	49
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS	63
4.3.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	63

4.3.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	63
4.4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	64
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Ubicación de puntos de muestreo de lixiviado y suelo en el botadero	
Conchatanca	33
Tabla 02: Operacionalización de variables de estudio	36
Tabla 03: Características físico químicos e inorgánicos del suelo cerca del botadero	
Conchatanca, según Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM*	39
Tabla 04: Características físico químicos e inorgánicos del lixiviado generados en pozas del botadero Conchatanca, según DECRETO SUPREMO N° - 2009- MINAM	44
Tabla 05: Características físico químicos e inorgánicos del agua cerca del botadero conchatanca	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Localización del área de estudio	32
Figura 02: Comparación de concentración de cadmio en diferentes puntos de muestreo del suelo y comparación con ECA para suelo	42
Figura 03: Comparación de concentración de cromo VI en diferentes puntos de muestreo del suelo y comparación con ECA para suelo	43
Figura 04: Concentración de pH del lixiviado generado en poza del botadero conchatanca y comparación con LMP	46
Figura 05: Concentración de cobre total del lixiviado generado en poza del botadero conchatanca y comparación con LMP	47
Figura 06: Concentración de cadmio total del lixiviado generado en poza del botadero conchatanca y comparación con LMP	48
Figura 07: Concentración de cromo VI del lixiviado generado en poza del botadero conchatanca y comparación con LMP	49
Figura 08: Concentración de pH del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.	54
Figura 09: Concentración de conductividad eléctrica (C.E.) del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.	55
Figura 10: Temperatura del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.	56
Figura 11: Concentración de sólidos totales disueltos del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.	57
Figura 12: Concentración de sulfatos del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.	58
Figura 13: Concentración de nitratos del agua cerca del botadero conchatanca y	

comparación con ECA para agua.	59
Figura 14: Concentración de cadmio del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.	60
Figura 15: Concentración de cromo total del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.	61
Figura 16: Concentración de DBO5 del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.	62
Figura 17: Concentración de demanda química de oxígeno del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.	63
Figura 18: Proceso de excavación de calicatas	81
Figura 19: Calicata número 01	81
Figura 20: Calicata número 02	82
Figura 21: Vista panorámica de área de estudio	82
Figura 22: Muestreo de suelos para análisis	83
Figura 23: Muestra de lixiviado	83
Figura 24: Muestra de lixiviado etiquetado	84
Figura 25: Muestra de agua para análisis	84

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia:	70
Anexo 02: DECRETO SUPREMO N° - 2009- MINAM: Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad	71
Anexo 03: ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	72
Anexo 04: Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	75
Anexo 05: Estándares de calidad ambiental (eca) para suelo	77
Anexo 06: Aspectos que ayudan a garantizar que las actividades en el botadero de Conchatancca cumplan con la Ley General del Ambiente (Ley N°28611) y protejan la salud pública y el entorno natural en Macusani, Puno.	78
Anexo 08: Ley de Recursos Hídricos (N° 29338) proporciona un marco normativo esencial para abordar la contaminación de agua y suelo por lixiviados del botadero de Conchatancca. La correcta aplicación de esta ley es crucial para la protección y gestión sostenible de los recursos hídricos en Macusani, Puno.	80
Anexo 09: Panel fotográfico.	81

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar los niveles de contaminación en el suelo y el agua generados por los lixiviados del botadero de Conchatanca, determinando la presencia de metales pesados y otros contaminantes químicos, para comprender su impacto ambiental. En cuanto a la metodología fue diseño de investigación no experimental de tipo descriptivo. Los resultados mostraron niveles altos de cadmio en el suelo de 1.57 mg/kg, superando los límites permitidos para suelos agrícolas de 1.40 mg/kg, en el agua y altas concentraciones conductividad eléctrica de 1566.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que supera los límites permitido, el cadmio de 1.05 mg/L con límite 0.003 mg/L, el cromo total de 0.35 mg/L límite permitido de 0.05 mg/L estos valores exceden los límites permisibles. El DBO de 37.15 mg/L y DQO de 47.85 mg/L superan ampliamente el límite permitido para agua. Además, se observó una elevada conductividad eléctrica en ambos medios, lo que indica una contaminación significativa por sales disueltas, y un pH alcalino en algunas muestras de agua, afectando la calidad de los cuerpos de agua subterránea. En conclusión, los lixiviados del botadero de Conchatanca han provocado una contaminación considerable del suelo y el agua, especialmente por la presencia de metales pesados como cadmio y cromo VI. Estos resultados evidencian la necesidad urgente de implementar medidas de control y remediación para mitigar el impacto ambiental y proteger la salud pública y los ecosistemas locales.

Palabras clave: Agua, Contaminación, Lixiviados, Metales, Suelo

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the levels of contamination in the soil and water generated by leachates from the Conchatanca landfill, determining the presence of heavy metals and other chemical contaminants, in order to understand their environmental impact. The methodology was a descriptive non-experimental research design. The results showed high levels of cadmium in the soil of 1.57 mg/kg, exceeding the permitted limits for agricultural soils of 1.40 mg/kg, in the water and high concentrations of electrical conductivity of 1566.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ which exceeds the permitted limits, cadmium of 1.05 mg/L with a limit of 0.003 mg/L, total chromium of 0.35 mg/L permitted limit of 0.05 mg/L, these values exceed the permissible limits. The BOD of 37.15 mg/L and COD of 47.85 mg/L greatly exceed the permissible limit for water. In addition, high electrical conductivity was observed in both media, indicating significant contamination by dissolved salts, and an alkaline pH in some water samples, affecting the quality of the groundwater bodies. In conclusion, leachates from the Conchatanca dump have caused considerable soil and water contamination, especially due to the presence of heavy metals such as cadmium and chromium VI. These results demonstrate the urgent need to implement control and remediation measures to mitigate the environmental impact and protect public health and local ecosystems.

Keywords: Water, Contamination, Leachate, Metals, Soil.

INTRODUCCIÓN

A escala mundial, la legislación actual tiende a eliminar y/o reducir los problemas de salud de los residentes, lo que implica mejoras significativas en la gestión de residuos. El paradigma actual de gestión de residuos, que hace hincapié en la exhaustividad y la sostenibilidad, requiere tácticas de reciclaje y reutilización para reducir la cantidad de basura que se envía a las distintas instalaciones de tratamiento de residuos.

La economía peruana ha virado recientemente hacia el consumismo. Como consecuencia de este estilo de vida, ha progresado el consumo de recursos que producen importantes volúmenes de basura, y su eliminación es un grave problema medioambiental cada vez más complejo y extendido. Así, la disposición final se ha convertido en un problema de importancia en la gestión de los residuos sólidos municipales (RSM) debido a la disminución de la disponibilidad de sitios para el vertido. Según Rojas (2017) la Ciudad de Puno tiene una producción de residuos sólidos de 89 247 kg/día, con una producción per cápita de 0.74 kg/día/habitante, en cuanto a la composición física de los residuos sólidos se determinó un mayor porcentaje de desechos domésticos (residuos sólidos orgánicos), la cual se podría aprovechar en la presente investigación.

Los residuos sólidos urbanos causan problemas medioambientales en las zonas urbanas y rurales, desde el barrido, la recogida y la eliminación final, ya que generan un impacto medioambiental negativo debido a una gestión inadecuada y afectan a la sostenibilidad medioambiental.

El presente trabajo de investigación permite conocer la actual problemática generada con relación a la disposición final de los residuos sólidos en el botadero, enfocándonos principalmente si existe o no los niveles de contaminación de agua y suelo generados por los lixiviados del botadero de Conchatancca.

Se generaron mayores conocimientos teóricos y técnicos con relación a los futuros proyectos que pudieran ejecutarse con mayor criterio técnico buscando alternativas más

amigables con la naturaleza, pues una ejecución futura supondrá un manejo adecuado de políticas sociales, medioambientales, económicas y culturales.

A largo plazo la presente investigación beneficiará a las personas y sus medios de vida que se encuentran en la zona de influencia directa e indirecta dotándolos de instrumentos técnicos para poder sustentar el reclamo de la afectación que se ocasiona respecto los lixiviados del botadero y también al gobierno local para poder tomar las acciones correctivas para la pronta toma de decisión respecto a la posible contaminación que se viene dando en el botadero.

La estructura de la presente investigación; se desarrolla en cinco capítulos que contienen lo siguiente:

Capítulo I: Planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de la investigación; se muestra la situación problemática, los antecedentes; proyectos previamente investigados y los objetivos

Capítulo II: Se detalla el marco teórico, conceptual e hipótesis de la investigación.

Capítulo III: Se detalla la metodología de la investigación, la zona de estudio, tamaño de la muestra, los métodos y técnicas e instrumentos utilizados; identificación de variables de investigación, métodos y diseño estadístico para el análisis de resultados.

Capítulo IV: Exposición y análisis de resultados; presentando los resultados obtenidos de la investigación a través de tablas y figuras, para su interpretación y discusión.

Finalmente las conclusiones y recomendaciones:

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, los puntos de disposición final de desechos sólidos son un problema ambiental cuando se colocan de manera inadecuada, sin control ni tratamiento, acumulando inapropiadamente en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías, lo que puede generar riesgos sanitarios o ambientales. En particular, si los responsables de manejo de desechos tienen la certificación ambiental para operar en los lugares de disposición final autorizados pero no cumplen con sus obligaciones ambientales fiscalizables. En junio de 2022, el Perú tenía 161 infraestructuras de residuos sólidos y áreas degradadas por residuos sólidos municipales o botaderos no autorizados (1 704 por residuos municipales y 955 por residuos no municipales de construcción y demolición) (OEFA, 2023).

Debido al gran aumento de población en las ciudades grandes, la disposición de desechos sólidos se ha convertido en un desafío para las administraciones debido a la disminución del recurso tierra para tales usos. Además, el aumento de las lluvias por largos períodos genera una gran cantidad de lixiviados que requieren una disposición adecuada (Ticona & Apaza, 2020).

Los vertederos de residuos sólidos en todo el mundo presentan problemas ambientales si no se eliminan adecuadamente: sin control ni tratamiento, se acumulan de manera

inadecuada en carreteras y espacios públicos y en ciudades, zonas rurales, terrenos o baldíos, provocando riesgos para la salud o ambiental. En particular, cuando los responsables de la gestión de residuos dispongan de certificado ambiental para el funcionamiento de vertederos autorizados y no cumplan con sus obligaciones de seguimiento ambiental.

En el Perú al día se generan aproximadamente 19 mil toneladas de residuos sólidos municipales al día, el 48% va a los botaderos, que son lugares no autorizados que ponen en riesgo la calidad del ambiente y la salud de las personas (MINAM, 2019). La generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en el Perú es de 0.45 (Kilogramos por habitante por día) en el 2017 (MINAM, 2018).

En la región de Puno, más del 70% de la basura acaba en vertederos sin ninguna gestión. Estos vertederos funcionan en regiones rurales, donde los residentes se han quejado de la contaminación del aire y del suelo.

Según estimaciones del Ministerio del Ambiente (MINAM) al 2022, Puno genera más de 600 toneladas de basura al día, y cada individuo produce un promedio de 0,85 kg. El principal problema de la región de Puno, al igual que en otras partes del país, es la falta de espacios adecuados y aprobados para la eliminación de residuos sólidos (El Búho, 2023).

En la provincia de Carabaya distrito de Macusani no es ajeno a la falta de un relleno sanitario de residuos sólidos, ya que, actualmente cuenta con un botadero ubicado en el sector de conchatanca a 6 km de la ciudad que al principio se consideró temporal pero que su necesidad se siguió ampliando el uso, la ampliación de dicho botadero y la inadecuada disposición de los residuos sólidos a cielo abierto a lo largo del tiempo ha venido provocando problemas ambientales en la zona puesto que estos residuos se abandonan sin ningún tratamiento sanitario ni ambiental, afectando directamente por los lixiviados al suelo y agua.

En la actualidad los sectores circundantes al botadero de Conchatanca del Distrito de Macusani Provincia de Carabaya, presentan disconformidades por la apertura del botadero que aun principio era temporal hasta que podría ejecutarse un proyecto para la construcción de un relleno sanitario con las características técnicas según las normas técnicas, pero esto ha ido prolongando la cual a hecho que el actual botadero de Conchatanca se prolongue su vida útil de uso. Por lo tanto, planteamos las siguientes preguntas del problema.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son los niveles de contaminación en agua y suelo generados por los lixiviados del botadero de Conchatanca de Macusani Puno, 2024?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el nivel de contaminación del suelo generado por los lixiviados del botadero de Conchatanca en Macusani, Puno, en el año 2024?
- ¿Cuál es el nivel de contaminación del agua generado por los lixiviados del botadero de Conchatanca en Macusani, Puno, en el año 2024?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Álvarez (2019), en su tesis desarrollada con el objetivo de Identificar los impactos ambientales reportados durante la operación de rellenos sanitarios en Colombia. Los resultados muestran que los vertederos sanitarios son la opción más viable y rentable para tratar y eliminar los residuos sólidos. Sin embargo, el funcionamiento de los vertederos es un componente vital de la sostenibilidad medioambiental, ya que muchos de ellos presentan problemas recurrentes relacionados con diversos aspectos técnicos de la gestión de residuos.

Malavé & Muñoz (2020), En Ecuador, realizaron una evaluación para monitorear la contaminación de los lixiviados producidos en el relleno sanitario de la empresa pública

EMASA, en el cantón Santa Elena. Utilizando la ecuación T-Student, obtuvieron los siguientes resultados de los análisis realizados por un laboratorio reconocido. No se pueden medir los siguientes valores: DBO5 42,700 mg/L; DQO 5 9381,2 mg/L; SS 816 mg/L; SD 29,200 mg/L; pH 8,28, T 25,8 °C; Pb 0,5 mg/L; Hg 0,5 mg/L; NTU 1,142; Color 86,000 mg/L; y olor. Los niveles de contaminación definidos en el Libro VI del TULSMA para los vertidos de aguas residuales en masas de agua dulce superan estos límites. El tratamiento físico-químico utilizado en esta investigación eliminó con éxito el 78% de los sólidos suspendidos y el 22% de los líquidos en los lixiviados.

Cuichán (2022), en su tesis realizado con el objetivo de objetivo realizar el tratamiento de coagulación – floculación del lixiviado del relleno sanitario “Romerillos”, cantón Mejía, provincia de Pichincha, llega a la siguiente conclusión: El análisis de los 22 parámetros físicos, químicos y biológicos, previo a los ensayos de tratabilidad del lixiviado de Romerillos, indicaron una concentración elevada de los diferentes contaminantes superando en su mayoría los límites máximos permisibles para descargas en cuerpos de agua dulce y/o alcantarillado. Las excepciones en este caso, fueron el pH y metales como aluminio, hierro (para alcantarillado) y zinc.

Morales (2021), en su tesis, realizan un estudio bibliográfico comparativo del tratamiento de lixiviados en procesos aerobios, anaerobios y anóxicos mediante reactores biológicos. Como resultado, demuestran que si bien los lixiviados generados por residuos sólidos a nivel de vertedero son considerados uno de los principales contaminantes ambientales, la mayoría de los parámetros físico-químicos se encuentran fuera del rango establecido por la normativa vigente.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Fernández & Villanueva (2020), en su tesis con el objetivo de evaluar la influencia de los lixiviados del vertedero municipal en la calidad del suelo de uso agrícola, como resultado indica que el cromo total y el cadmio son los que superan y rebasan lo establecido en los

cuatro muestreos realizados, el plomo lo superó en dos puntos de muestreo, y los componentes ambientales con mayor impacto negativo fueron la flora, cuyas consecuencias son la destrucción del ecosistema.

Sánchez (2020), En su tesis con el objetivo de evaluar los lixiviados generados en el botadero de Carhuashjirca y determinar el impacto ambiental generado a la quebrada Vientojirca, como resultado indican que los parámetros fisicoquímicos de los lixiviados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles; sin embargo, los parámetros de metales totales, microbiológicos, y bioquímicos superan estos límites de acuerdo al Decreto Supremo No. - 2009 - MINAM: Los Límites Máximos Permisibles (LMP) de Efluentes de Infraestructuras de Residuos Sólidos hacen que este lixiviado sea potencialmente contaminante para la quebrada Vientojirca.

Saavedra (2020), en su tesis con el objetivo de determinar la afectación del suelo contaminado por lixiviados en el botadero de Cuñumbuque, San Martín, determinó el parámetro microbiológico de suelo del botadero de Cuñumbuque, encontrando porcentajes significativos de materia orgánica, para ambas muestras, evaluó los niveles de concentración de pH, Conductividad eléctrica, Cadmio, Plomo, Potasio, % de Nitrógeno, Calcio, como parámetros químicos de las muestras de suelo afectados por lixiviados del botadero de Cuñumbuque, San Martín, 2019.

1.2.3. A NIVEL LOCAL O REGIONAL

Velasquez (2021), en su tesis con el objetivo evaluar los niveles de contaminación de agua y suelo generados por los lixiviados del botadero de Chilla en Juliaca, 2021, mostrando como resultado, se logró determinar los niveles de contaminación en los lixiviados, donde los parámetros de pH, cobre, cadmio, cromo son los únicos que se presentan un límite de cuantificación establecido en la normativa. Asimismo, el valor del pH supera el límite máximo permisible en relación con la normativa, lo cual indica que se produce impacto directo en el agua subterránea y en el suelo.

Palacios (2022), en su estudio de tesis con la finalidad de analizar el impacto ambiental creado por el botadero de residuos sólidos en el distrito de llave - Puno, 2021, llega a una de las primeras conclusiones. Los impactos ambientales del botadero de residuos sólidos en el distrito de llave muestran que se producen interacciones negativas en el factor biotopo: suelo, agua y aire con cuatro interacciones negativas, en el factor biótico: flora con dos y fauna con una interacción negativa, y en el factor socioeconómico: estético con dos interacciones negativas y económico con cuatro interacciones positivas.

Pacompia (2023), En su tesis con el objetivo de evaluar el impacto de los lixiviados del vertedero municipal en el suelo en el distrito de llave, centrándose en la presencia de metales pesados como arsénico, cadmio, mercurio y plomo, el estudio realizado para evaluar el efecto de los lixiviados del vertedero municipal en el suelo por metales pesados en el distrito de llave, ha revelado la existencia de un efecto significativo causado por los lixiviados del vertedero municipal en el suelo. Los resultados indican la presencia de arsénico, cadmio, mercurio y plomo tanto en los lixiviados como en los suelos. Se determinaron niveles de concentración de metales pesados (Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo) en suelos afectados por lixiviados procedentes del vertedero municipal del Distrito de llave, revelando el primer muestreo (P1) concentraciones de Arsénico (As) de 33,8 mg/kg, Cadmio (Cd) de 0,7 mg/kg y Mercurio (Cd) de 0,7 mg/kg. 8 mg/kg, 0,7347 mg/kg de cadmio, 0,010 mg/kg de mercurio y 56,36 mg/kg de plomo. El segundo muestreo (P2) arrojó 25,7 mg/kg de arsénico (As), 0,4834 mg/kg de cadmio (Cd), 0,008 mg/kg de mercurio (Hg) y 52,98 mg/kg de plomo (Pb). El tercer muestreo (P3) arrojó valores de arsénico (As) de 28,9 mg/kg, cadmio (Cd) de 0,5964 mg/kg, mercurio (Hg) de 0,011 mg/kg y plomo (Pb) de 55,64 mg/kg.

Navarro (2023), en su tesis con el objetivo de evaluar la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de llave - 2023, llega a la siguiente conclusión, 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. La concentración de metales pesados, 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.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los niveles de contaminación de agua y suelo por los lixiviados del botadero de conchatanca en Macusani Puno, 2024

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los niveles de contaminación del suelo generados por los lixiviados del botadero conchatanca Macusani Puno, 2024
- Determinar los niveles de contaminación del agua generados por los lixiviados del botadero conchatanca Macusani Puno, 2024

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos son sustancias, productos o subproductos en forma sólida o semisólida que son desechados por sus generadores. Suelen denominarse "basura" y se considera que tienen poca utilidad económica. La normativa también incluye los materiales semisólidos (como lodos, fangos, limos, etc.) y los causados por fenómenos naturales como lluvias y corrimientos de tierras.

En el Perú, la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos exige que los residuos sólidos sean manejados a través de un sistema que comprenda las siguientes operaciones o procedimientos, según corresponda:

- Segregación en la fuente
- Almacenamiento
- Minimización de residuos
- Recolección
- Reaprovechamiento
- Transporte
- Transferencia
- Tratamiento
- Disposición final

- Comercialización

2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento, los clasifica, tomando en cuenta donde se producen o generan.

- Industriales, generados en actividades de las diversas ramas industriales, manufactureras.
- De limpieza de espacios públicos, generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas.
- Domiciliarios, generados en las actividades domésticas.
- Comerciales, generados en los restaurantes, supermercados, bares, oficinas de distintos rubros.
- Agropecuarios, generados en el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias.
- De las instalaciones de actividades especiales, en infraestructuras de gran dimensión, complejidad y riesgo en su operación.
- De las actividades de construcción y demolición de obras, carreteras, puentes.
- De los establecimientos de salud, generados en los hospitales, clínicas, laboratorios, otros afines.

2.1.3. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN EL PERÚ

Nuestro país en los años 2014 generó 7497 482 t/año de residuos municipales, el 64% residuos domiciliarios y el 26 % no domiciliarios, la región costa es la que produce más cantidad de residuos.

La composición generados en el 2014 es el 53.16% de los residuos Sólidos son materia Orgánica, el 18, 64% son residuos no aprovechables, el 18,64% pertenece a residuos no aprovechables y el 6.83% es compuesto por residuos reciclables (MINAM, 2017).

2.1.4. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

La GPC de RS domiciliarios fue 0.57 kg.hab-1.día-1 (1.75 TM.día-1) y la generación de RS no domiciliarios fue 0.178 TM.día-1, lo que hace un total de 1.93 TM.día-1 de RS Municipales. La composición de los residuos sólidos fue: 69.82% de materia orgánica, 4.98% de telas y textiles, 3.79% de plástico duro 3.51% de cartón, 2.77% latas, 2.72% de plástico duro y los demás componentes en menor porcentaje. La densidad sin compactar de los RS domiciliarios fue 215.15 kg.m-3. El porcentaje de humedad promedio de los RS domiciliarios y no domiciliarios fueron respectivamente 36% y 26%. Se concluye que la información obtenida sobre los parámetros de caracterización de RS, permitirá realizar una gestión y manejo adecuado de los mismos (Cachique, 2017).

2.1.5. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Se entiende como una degradación química y por tanto como un proceso o procesos que conllevan la pérdida de productividad. Lo que sucede una vez que el suelo recibe sustancias tóxicas en concentraciones que superan su capacidad natural de autodepuración. En este sentido, la acumulación de sales podría considerarse como un tipo de contaminación (Jiménez, 2017).

La expresión "contaminación del suelo" se refiere a la presencia en el suelo de un producto químico o material fuera del lugar en una cantidad superior a la normal que tiene un impacto negativo en cualquier organismo para el que no estaba destinado. Aunque la mayoría de los contaminantes son de origen antropogénico, algunos pueden ser sustancias minerales nocivas en concentraciones elevadas. La contaminación del suelo es invisible o difícil de detectar, lo que la convierte en un peligro oculto (Beistegui et al., 2021).

La contaminación del suelo se define como desequilibrio física, química o Biológicamente, porque las sustancias se acumulan a niveles tóxicos para los organismos vivos. suelo, lo que resulta en una reducción de la productividad del mismo.

A diferencia de lo que ocurre en el aire y el agua, en la tierra los contaminantes no son muy móviles. El proceso de dilución prácticamente no ocurre. El riego sólo puede prevenir una pequeña parte de la contaminación del suelo, Escorrentía, lixiviación. Teniendo en cuenta que hay más o menos algunos Se necesitan diez mil años para que la Tierra se desarrolle por completo. Se puede decir que cuando una tierra una vez que el suelo está contaminado, nunca podrá regenerarse (Encinas, 2011).

2.1.6. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua se define como la introducción de residuos u otras materias en el mar como resultado directo o indirecto de actividades humanas, que tiene o puede tener efectos perjudiciales como dañar los recursos vivos y los ecosistemas marinos, plantear riesgos para la salud y obstaculizar actividades marítimas como la pesca y otros usos legítimos del mar (Larramendi et al., 2021).

La contaminación del agua es la adición a la misma de materia extraña indeseable que deteriora su calidad. La sustancia extraña que contamina puede ser materia inerte, como compuestos de plomo o mercurio, o materia viva, como macroorganismos. El aumento de la población, la diversidad y la complejidad de los procesos industriales y la necesidad de producir satisfactores y elementos de consumo en gran escala han incrementado considerablemente la utilización del agua que, al ser reintegrado a la naturaleza, contiene frecuentemente la utilización del agua que, a la ser reintegrada a la naturaleza, contiene frecuentemente contaminantes que pueden alterar las condiciones para su utilización (Solís & López, 2003).

2.1.7. LIXIVIADOS Y SU COMPOSICIÓN

Los lixiviados son líquidos altamente contaminantes que se forman cuando el agua atraviesa los residuos sólidos urbanos (RSU) en descomposición. Su composición depende del tipo de residuos y las condiciones climáticas, pero generalmente contienen materia orgánica biodegradable y no biodegradable, metales pesados como cadmio,

plomo y cromo, así como altas concentraciones de nitratos y sulfatos (Bustamante, 2022; Saavedra, 2020). Estas sustancias pueden infiltrarse en el suelo y alcanzar cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

2.1.8. EFECTOS AMBIENTALES DE LOS LIXIVIADOS EN EL SUELO

La exposición prolongada del suelo a lixiviados altera sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Estudios han demostrado que los lixiviados incrementan el límite líquido del suelo en un 14% y reducen su índice de plasticidad en un 37%, afectando su capacidad para soportar estructuras o cultivos. Además, los metales pesados presentes en los lixiviados pueden acumularse en el suelo, afectando su fertilidad y representando un riesgo para la salud humana a través de la cadena alimentaria (Saavedra, 2020).

2.1.9. EFECTOS AMBIENTALES DE LOS LIXIVIADOS EN EL AGUA

Los lixiviados contaminan tanto aguas superficiales como subterráneas al incrementar parámetros como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), indicadores clave de contaminación orgánica. Por ejemplo, en el botadero La Guásima se reportaron concentraciones elevadas de manganeso y aluminio en acuíferos cercanos debido a la infiltración de lixiviados (Ortiz, 2022).

2.1.10. IMPACTOS SOCIALES DE LA CONTAMINACIÓN POR LIXIVIADOS A LA SALUD PÚBLICA Y CALIDAD DE VIDA Y BIENESTAR SOCIAL

Las poblaciones aledañas a los botaderos son particularmente vulnerables a los impactos en la salud (Palacin, 2020). La contaminación del agua y el suelo por lixiviados puede aumentar la incidencia de enfermedades infecciosas, problemas respiratorios y gastrointestinales. En el componente social, el impacto más significativo es la afectación a la salud de las personas causado por la generación de malos olores (Chucos, 2020). La contaminación por lixiviados puede generar malos olores y afectar la calidad de vida de las comunidades cercanas a los vertederos. La degradación del entorno natural y la

contaminación de los recursos hídricos pueden tener impactos negativos en el bienestar social y económico de las poblaciones que dependen de estos recursos (Palacin, 2020).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. BOTADERO MUNICIPAL

Un vertedero es un "lugar de eliminación ilegal de basura de propiedad municipal que repercute negativamente y genera focos infecciosos para la salud de las personas y el medio ambiente" (OEFA, 2016). El marco legal asociado al control de botaderos municipales está descrito en la Ley N° 273140, denominada Ley General de Residuos Sólidos. Esta ley establece los derechos, deberes, facultades y responsabilidades generales de la sociedad para garantizar la gestión y eliminación sanitarias y ambientalmente correctas de los residuos sólidos, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de las personas (MINAM, 2016).

2.2.2. ECA

Es una medida que determina el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, el agua o el suelo en su cuerpo receptor que no suponen un riesgo significativo para la salud humana o medioambiental. Dependiendo del parámetro, la concentración o el grado pueden expresarse como máximos, mínimos o rangos (Ley 28611, 2005).

2.2.3. LMP

Es una medida de la concentración o el grado de materiales, sustancias químicas o propiedades físicas, químicas y biológicas que definen un efluente o una emisión y que, cuando se superan, causan o pueden causar daños a la salud, el bienestar humano y el medio ambiente (Ley 28611, 2005).

2.2.4. LIXIVIADOS

Los lixiviados son productos asociados a uno de los métodos de disposición de Residuos Sólidos municipales utilizados ampliamente, como lo son los rellenos o botaderos. Especialmente los países en desarrollo y subdesarrollados han adoptado este método debido a su facilidad de uso y sus bajos costos relativos. El lixiviado se produce como un líquido oscuro y maloliente, rico en componentes orgánicos, minerales y tóxicos. Estos líquidos complejos son resistentes al fuego y altamente contaminantes del medio ambiente. La composición del líquido está determinada por factores como la naturaleza de los residuos a depositar, el clima, la frecuencia de las precipitaciones y la antigüedad del vertedero. La lixiviación ocurre cuando los sedimentos penetran capas de desechos sólidos, lo que permite que los contaminantes disueltos ingresen a la fase líquida, lo que a su vez implica una serie de procesos químicos, físicos y biológicos complejos que ocurren simultáneamente (Becerra et al., 2023).

La lixiviados ocurre cuando se infiltra la precipitación a través de las capas de residuos sólidos, lo que permite que los contaminantes disueltos ingresen a la fase líquida, que a vez sufre una serie de complejos procesos químicos, físicos y biológicos simultáneamente (Becerra et al., 2023).

La lixiviación se produce cuando la humedad entra en la basura del vertedero, atrae contaminantes a la fase líquida y crea un contenido de humedad lo suficientemente alto como para provocar el movimiento del líquido. Tiene un alto requerimiento químico y biológico de oxígeno y suele contener sustancias no deseadas, como contaminantes orgánicos e inorgánicos. Para evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, es necesario limpiar los lixiviados de los vertederos. Los lixiviados de vertedero varían en función del contenido, su antigüedad, el proceso de degradación y las condiciones climáticas e hidrológicas. El tratamiento de los lixiviados se lleva a cabo con una combinación de técnicas físicas, químicas y biológicas (Bastos, 2021).

2.2.5. METALES PESADOS

Según la tabla periódica, los metales pesados son elementos químicos de alta densidad (más de 4 g/cm³), masa y peso atómico superiores a 20, y son tóxicos en bajas concentraciones. Algunos de estos elementos son aluminio (Al), berilio (Be), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb). Actualmente, uno de los mayores problemas ambientales es la contaminación de las fuentes de agua del mundo con metales pesados, la cual se debe a la toxicidad de los metales pesados en el agua de los ríos, lo que se considera un grave problema para el ser humano. a través de los ríos antes mencionados, especialmente considerando que el aumento de la concentración de estos metales en las fuentes hídricas se debe a diversas actividades humanas, lo que también incrementa los efectos potencialmente nocivos sobre diversos sistemas ecológicos y el ambiente que sustenta la vida humana. conducirá a serios problemas económicos tanto a nivel local como nacional, a medida que los costos médicos aumenten y la productividad de los residentes del área disminuya (Londoño et al., 2016).

2.2.6. NIVELES DE CONTAMINACIÓN

Viene a ser el proceso de devastación del medio ambiente ya que afecta y tiene consecuencias para todas las formas de vida, incluso se puede transferir a la cadena alimentaria (FAO, 2018).

2.2.7. RESIDUO

Se han hecho varios intentos de elaborar una definición objetiva de "residuo", pero a día de hoy sigue existiendo confusión. Como consecuencia, muchas legislaciones recogen en su texto el significado de "residuo" que han elegido (Rondón et al., 2016).

- Lo que ocurre cuando algo se descompone o se destruye.
- La parte o componente restante de un todo.
- Material que queda inservible tras finalizar un trabajo u operación.

2.2.8 RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos son sustancias, productos o subproductos en forma sólida o semisólida que el generador elimina o debe eliminar en virtud de la legislación nacional o debido a los riesgos que suponen para la salud y el medio ambiente (MINAM, 2016).

Los términos "desecho" y "residuo" se utilizan con frecuencia en la bibliografía estudiada. Para determinar si pueden o no utilizarse como sinónimos, se compararon sus definiciones utilizando el diccionario de la Real Academia Española:

- Desecho: Aquello que queda después de haber escogido lo mejor y más útil de algo

2.3. MARCO NORMATIVO

2.3.1. LEY N° 28611 - LEY GENERAL DEL AMBIENTE

Esta ley establece el marco general para la gestión ambiental en el Perú. Define los principios, derechos y deberes relacionados con la protección del ambiente, la conservación de los recursos naturales, y la promoción del desarrollo sostenible. También regula las acciones para prevenir, controlar y mitigar impactos ambientales negativos.

2.3.2. LEY N° 27314 - LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

Regula la gestión integral de los residuos sólidos con el objetivo de minimizar sus impactos en la salud humana y el ambiente. Establece responsabilidades para los generadores, recolectores y operadores de residuos, promoviendo prácticas sostenibles como el reciclaje, la reutilización y la disposición final adecuada.

2.3.3. LEY N° 29338 - LEY DE RECURSOS HÍDRICOS

Es la norma marco que regula la gestión integrada de los recursos hídricos en el Perú, garantizando su sostenibilidad y priorizando su uso para consumo humano. Fomenta la conservación, protección y aprovechamiento eficiente del agua, con participación de los usuarios y entidades competentes

2.3.4. DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM

Este decreto aprueba el Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, que fija los límites máximos permisibles de sustancias químicas en el suelo. Su objetivo es prevenir la contaminación y promover la recuperación de suelos afectados, en línea con la protección del ambiente y la salud humana

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los lixiviados del botadero de Conchatanca en Macusani, Puno, han aumentado significativamente los niveles de contaminación de agua y suelo en el área circundante en el año 2024

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los lixiviados del botadero de Conchatanca en Macusani, Puno, han generado un aumento significativo en los niveles de contaminación del suelo en el año 2024
- Los lixiviados del botadero de Conchatanca en Macusani, Puno, han generado un aumento significativo en los niveles de contaminación del agua en el año 2024

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio del presente trabajo de investigación se ubica en el departamento de Puno, Provincia de Carabaya, Distrito de Macusani A 12.33 km de la ciudad, con las coordenadas geográficas, con 3.93 hectáreas el botadero: Longitud: 70°23'31.5" O Latitud: 14°08'26.2"S, a una altitud de 4.586 m.s.n.m.

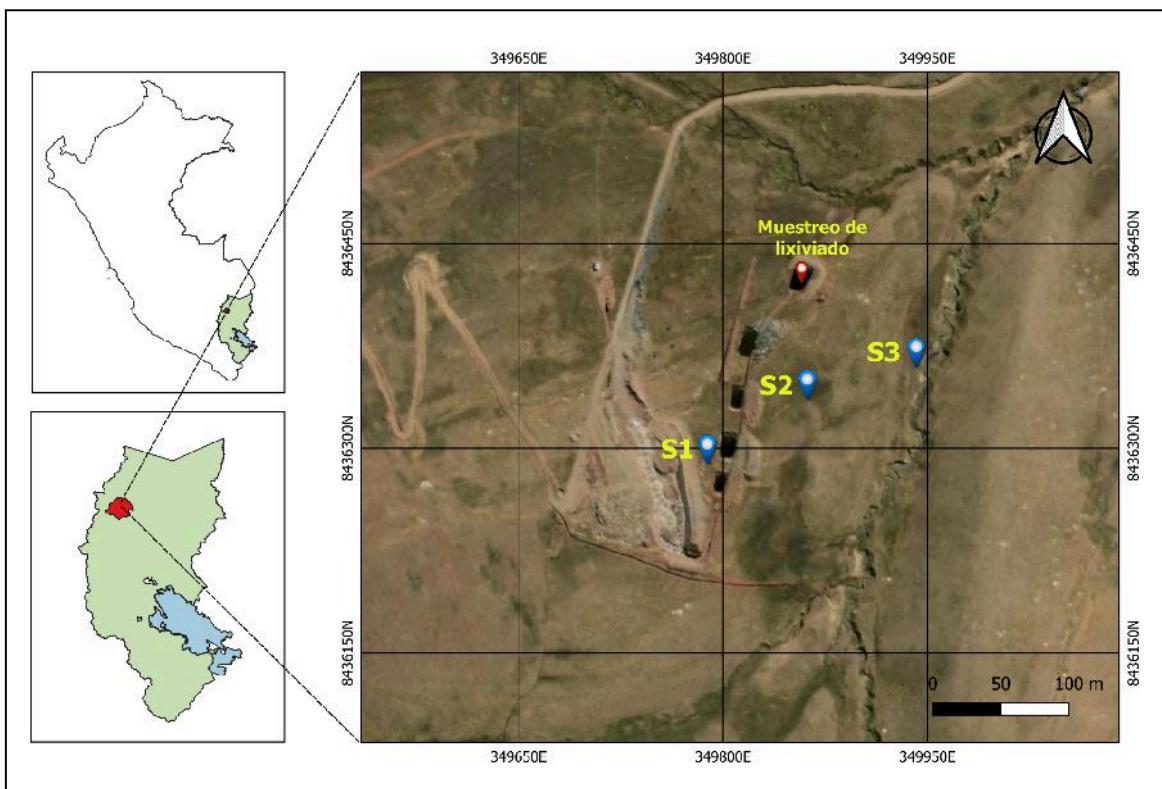


Figura 01: Localización del área de estudio

Fuente: Bing satellite, QGIS 3.34.4

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

El criterio a tomar para determinar nuestra población es todo el ámbito de influencia directa e indirecta del botadero Conchatanca del distrito de Macusani, tiene en total 7.5 hectáreas, que está ubicado a 12.33 km de la ciudad de Macusani.

3.2.2. MUESTRA

Se consideraron un área promedio influencia de 100 metros de radio del botadero de conchatanca que incluye a las familias que residen cerca al botadero.

El muestreo fue no probabilístico, por lo tanto, los puntos donde se obtuvieron las muestras fueron identificados por coordenadas (Tabla 01).

Tabla 01: Ubicación de puntos de muestreo de lixiviado y suelo en el botadero Conchatanca

	PUNTO	UTM		OBSERVACIONES
		X	Y	
LIXIVIADO		349797,60	8436273,90	Poza de lixiviado
AGUA	S1	349804,30	8436304,00	Alrededor del botadero
	S2	349809,70	8436338,40	Punto medio de muestreo
	S3	349818,50	8436378,60	Más alejado del botadero
SUELO	S1	349804,30	8436304,00	Alrededor del botadero
	S2	349809,70	8436338,40	Punto medio de muestreo
	S3	349818,50	8436378,60	Más alejado del botadero

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Desarrollo de la investigación: En el mes de septiembre se tomaron las muestras de agua y suelo en 3 puntos estratégicos, punto 1: Zona con actividad antrópica y/o afectada. (Parte baja del botadero), punto 2: Zona con actividad antrópica y/o afectada. (Parte central del botadero) y Punto 3: Zona aledaña a pastos naturales. (Punto de control).

Para el muestreo de suelo se hizo una calicata en en cada sitio de muestreo (S1, S2 y S3) una muestra del suelo de 1 kg de suelo en el cual será evaluado el contenido de metales pesados y otros parámetros evaluados, para el agua también se tomaron en los tres sitios alrededor del botadero en donde se extrajeron el agua para la evaluación físicos químicos.

Tipo de Investigación: es una investigación básica - descriptiva, ya que pretende evaluar y describir las acciones, situaciones y eventos tal como se dan in situ por los lixiviados del botadero conchatanca.

Diseño de Investigación: El enfoque de la investigación viene a ser cuantitativo, puesto que se recogieron datos tanto reales como cuantificables del lugar de estudio, con la finalidad de disponer de información para realizar los resultados. A su vez, el diseño es no experimental, por lo que a las variables se le tuvo un mínimo grado de control.

Método: De acuerdo a su nivel viene a ser descriptiva, puesto que en un inicio se describieron características importantes de las variables.

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS.

Objetivos específicos 1: Niveles de contaminación del suelo generados por los lixiviados del botadero Conchatanca

a) Ubicación del proyecto:

Se tomó los puntos en un registro con coordenadas UTM con GPS.

b) Herramientas para la toma de muestra:

Herramientas manuales para la calicata: pala tipo recta, pico, barreta y espátula

Bienes para la toma de muestra: Bolsas herméticas

Bienes para el transporte: Cooler .

Equipos de de protección personal: botas, guantes y una mascarilla

c) Toma de Muestras de Suelo: se realizó las calicatas con herramientas manuales ya mencionadas y en los puntos georeferenciados en un radio de 100 metros del botadero de conchatanca con el objetivo de investigar la existencia de contaminantes en el suelo mediante la obtención de muestras representativas con la finalidad de establecer si el suelo tiene concentrado de metales pesados, y comparar con 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.

Objetivo específico 2: Niveles de contaminación del agua generados por los lixiviados del botadero Conchatanca

Se tomaron en los mismos puntos de las calicatas la cual estará registrada con coordenadas UTM con un equipo GPS.

b) Herramientas para la toma de muestra:

Herramientas manuales para la calicata: pala tipo recta, pico, barreta y espátula

Bienes para la toma de muestra: Recipientes de vidrio color ámbar

Bienes para el transporte: Cooler.

Equipos de protección personal: botas, guantes y una mascarilla

c) Toma de Muestras del agua: se realizó en el mismo radio y ubicación de las calicatas como objetivo investigar la existencia de contaminantes en el agua mediante la obtención de muestras representativas con la finalidad de establecer si los niveles de contaminación del agua generados por los lixiviados sobrepasa el ECA y el LMP del botadero de conchatanca en Macusani -Puno, 2024

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Operacionalización de variables de estudio

Variables	Dimensiones	Indicadores
Independiente: Lixiviados del Botadero de Conchatanca	Composición química de los lixiviados.	Concentración de metales pesados (plomo, mercurio, cadmio)
		Concentración de nutrientes (nitratos, fosfatos)
	Cantidad de lixiviados	pH Concentración de materia orgánica
Dependiente: Contaminación de suelo y agua.	Calidad del agua y suelo	Niveles de metales pesados (plomo, mercurio, cadmio)
		Niveles de nutrientes (nitratos, fosfatos)
	Impacto biológico en el agua y suelo	pH del agua
		Demanda química de oxígeno (DQO)
		Demanda biológica de oxígeno (DBO)
	Concentración de sólidos disueltos totales (TDS)	
	Biodiversidad acuática (cantidad y diversidad de especies presentes)	

3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos se normalizaron mediante el método de ajuste de Shapiro-Wilks, para identificar si los datos son paramétricos o no paramétricos. Se utilizaron estadística descriptiva para detectar diferencias en los contaminantes entre las zonas de muestreo, suponiendo distribuciones normales. Para evaluar la relación entre los niveles de contaminación en agua y suelo y los factores bióticos, abióticos y punto de muestreo.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINAR LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO GENERADOS POR LOS LIXIVIADOS DEL BOTADERO CONCHATANCA MACUSANI PUNO, 2024

Los resultados obtenidos en los puntos de muestreo S1, S2 y S3 revelan que los suelos presentan características alcalinas, con un pH que varía entre 8.58 y 9.07, y niveles de conductividad eléctrica que van desde 2.18 a 4.63 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica la presencia de sales disueltas. Los niveles de sulfatos y nitratos son relativamente consistentes entre los puntos, sugiriendo posibles influencias de actividades industriales o agrícolas en la zona. En cuanto a los metales pesados, los valores de cadmio de 1.06 a 1.86 mg/kg superan el límite normado para suelos agrícolas de 1.4 mg/kg, lo que indica contaminación que podría afectar la calidad de este tipo de suelo, mientras que los niveles de cromo VI de 0.2 a 0.42 mg/kg cumplen con los estándares establecidos. No se reportaron valores de plomo, lo que limita el análisis de este metal en el área de estudio (Tabla 03). Estos resultados sugieren la necesidad de un monitoreo y gestión ambiental adecuados para mitigar la posible afectación del ecosistema local.

Tabla 03: Características físico químicos e inorgánicos del suelo cerca del botadero Conchatanca, según Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM*

Parámetro de ensayo	Unidades	Suelo			Resultados por puntos de muestreo SUELO		
		Suelo Agrícola	Residencial/Parques	Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	S1	S2	S3
Potencial de hidrógeno	pH	-	-	-	9.07	8.79	8.58
Conductividad eléctrica	µS/cm	-	-	-	4.63	2.78	2.18
Temperatura	°C	-	-	-	18.65	18.4	18.08
Sulfatos	mg/L	-	-	-	285	279.59	248.78
Nitratos	mg/L	-	-	-	101.4	100.5	100
Cadmio	mg/kg	1.4	10	22	1.86	1.8	1.06
Cromo VI	mg/kg	0.4	0.4	1.4	0.4	0.35	0.20
Plomo	mg/kg	70	140	800	-	-	-

*Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

El pH de los suelos muestreados en los puntos S1, S2 y S3 varía de 8.58 a 9.07, lo que indica su alcalinidad. Este rango es superior al de suelos contaminados en estudios previos, como el de Velasquez (2021), quien reportó un pH máximo de 8.2 en el botadero de Chilla, Juliaca, sugiriendo que los lixiviados de Conchatanca podrían estar generando un mayor impacto en la química del suelo en comparación con otros sitios similares en la

región. Estos valores pueden estar relacionados con los lixiviados generados en el botadero de Conchatanca, coincidiendo con los estudios de Malavé & Muñoz (2020) en Ecuador, quienes reportaron que los lixiviados afectan directamente las características químicas del suelo al aumentar los niveles de conductividad eléctrica y modificar el pH. La alcalinidad elevada podría estar afectando la solubilidad y movilidad de algunos metales pesados, incrementando su potencial contaminante.

En cuanto a la conductividad eléctrica, los niveles obtenidos varían de 2.18 a 4.63 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que refleja una mayor presencia de sales disueltas en comparación con suelos agrícolas no contaminados. Estos valores son consistentes con investigaciones realizadas en otros vertederos, como el estudio de Saavedra (2020), que reportó niveles elevados de conductividad eléctrica debido a la lixiviación de metales pesados y sales, un fenómeno que también se observa en Conchatanca.

Además, los valores de cadmio en el suelo de 1.06 a 1.86 mg/kg superan los límites permitidos para suelos agrícolas, lo que podría representar un riesgo ambiental, lo que es consistente con los estudios de Barreto & Colque (2021), quienes también encontraron altos niveles de cadmio en suelos agrícolas afectados por lixiviados. Esta contaminación es similar a la reportada por Fernández & Villanueva (2020) en el vertedero municipal de Carhuashjirca, donde se detectaron concentraciones elevadas de metales como cadmio, afectando significativamente la calidad del suelo. Comparando estos resultados con otros estudios realizados en la región, se observa que la contaminación por cadmio en el botadero de Conchatanca sigue una tendencia similar a la de otros botaderos de la región, como lo demuestra el trabajo de Navarro (2023), donde los niveles de metales pesados superaron los límites normativos, afectando la calidad de los suelos agrícolas y residenciales. Sin embargo, en Conchatanca, la contaminación por cadmio es menos severa en comparación con botaderos como el de Cuñumbuque, donde los niveles superaron los 2 mg/kg.

En cuanto a los niveles de cromo VI, los resultados indican que, si bien estos se encuentran dentro de los límites permitidos para suelos residenciales e industriales, superan el límite normativo para suelos agrícolas en los puntos S1 y S2. Estos hallazgos coinciden con los resultados de Morales (2021), quien también reportó que los suelos cercanos a vertederos presentan concentraciones variables de cromo VI, afectando principalmente los suelos agrícolas. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el estudio de Pacompia (2023), quien también observó niveles controlados de cromo en vertederos de la región de Ilave, aunque el cadmio y otros metales pesados presentaron concentraciones elevadas en ese sitio. Esto subraya la importancia de implementar medidas correctivas, especialmente en áreas destinadas a la agricultura.

Los niveles de concentración de cadmio en tres sitios de muestreo S1, S2, y S3, en comparación con los valores guía establecidos para diferentes tipos de uso del suelo. Los valores de cadmio son más altos en S1 de 1.86 mg/kg y disminuyen hacia S3 de 1.06 mg/kg, verificando que en los puntos S1 y S2 superan los límites establecidos para el uso de suelo agrícola y en el punto S3 se mantienen por debajo de los límites normativos para suelos agrícolas, residenciales/parques, y comerciales/industriales (Figura 02). Esto sugiere que las concentraciones de cadmio en los sitios analizados relativamente representan un riesgo significativo para el tipo de uso agrícola, sin embargo para otro tipo de uso de suelo, los niveles están por debajo cumpliendo con las normativas vigentes y destacando una aparente baja contaminación en los sitios de estudio.

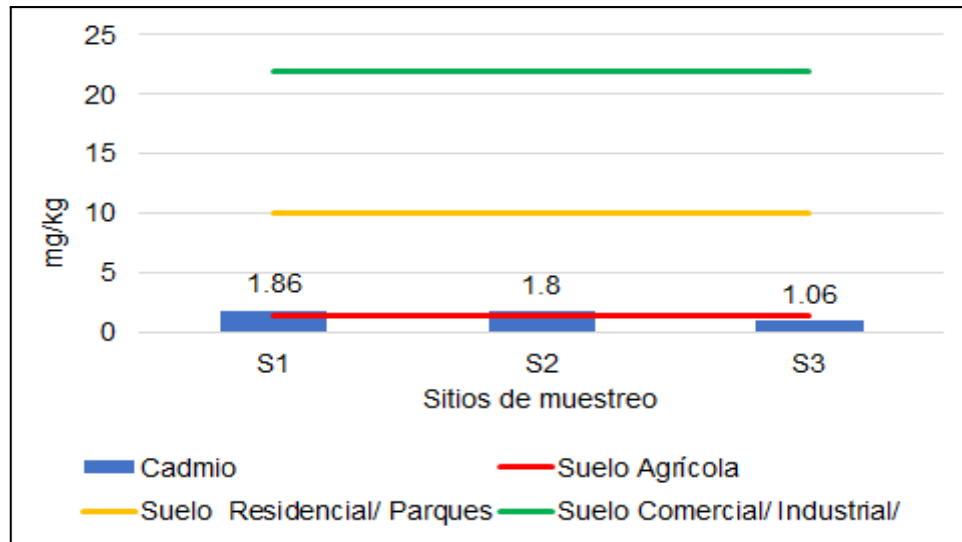


Figura 02: Comparación de concentración de cadmio en diferentes puntos de muestreo del suelo y comparación con ECA para suelo

Los resultados obtenidos en la investigación indican que la concentración de cadmio en los suelos del botadero del distrito de llave supera los estándares de calidad ambiental establecidos. El cadmio, con una concentración de 6,93 mg/kg, aunque no alcanzó los niveles críticos, podría representar un riesgo potencial para la salud pública y los ecosistemas debido a su naturaleza tóxica y su acumulación en organismos vivos (Navarro, 2023). Este valor superó al presente estudio en el contenido de cadmio.

Las concentraciones de cromo VI en tres sitios de muestreo S1, S2 y S3, en comparación con los valores de ECA para distintos usos del suelo. Los valores de cromo VI disminuyen progresivamente de S1 de 0.4 mg/kg a S3 0.2 mg/kg y están por debajo de los límites establecidos para suelos residenciales/parques de 0.4 mg/kg y comerciales/industriales 1.4 mg/kg, pero se encuentra al límite según la normativa para suelos agrícolas en S1 (Figura 03). Esto indica que los niveles de cromo VI podrían representar un riesgo en suelos agrícolas en los primeros sitios de muestreo, mientras que en suelos con otros usos los valores cumplen con las normativas.

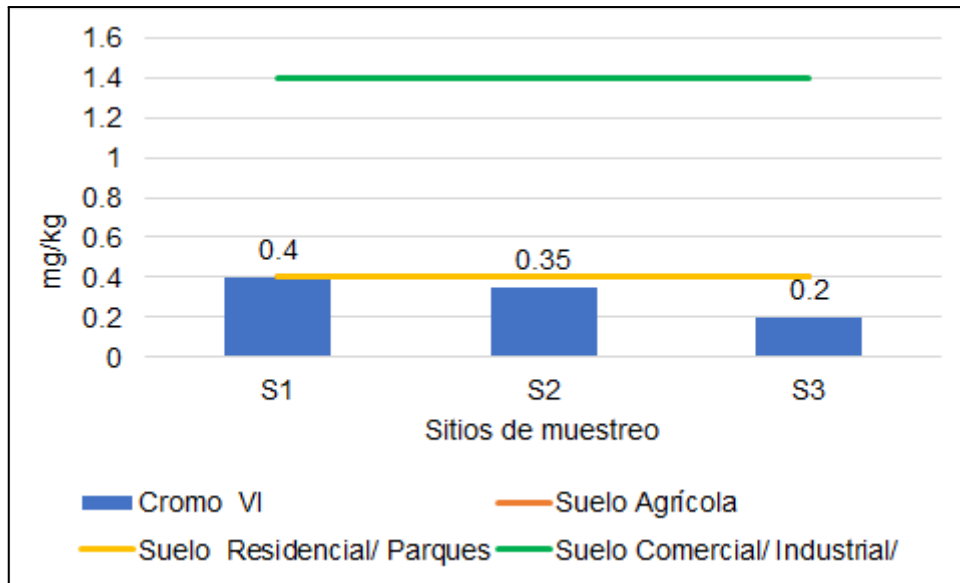


Figura 03: Comparación de concentración de cromo VI en diferentes puntos de muestreo del suelo y comparación con ECA para suelo

En botadero del distrito de llave la presencia de cromo en el suelo, con un valor de 25,40 mg/kg, reviste particular preocupación, dado que el cromo puede existir en diferentes estados de oxidación, siendo el cromo VI (Cr VI) el más tóxico y altamente contaminante. Este metal es conocido por sus efectos adversos en la salud, como la carcinogenicidad y su impacto negativo en sistemas biológicos (Navarro, 2023). Comparando con el INFORME N°042-2025-MPC-M/SGSCyGRD presente estudio es menor en comparación al botadero de llave.

4.1.1. LIXIVIADO

Los resultados del análisis del lixiviado, comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el Decreto Supremo N° 2009-MINAM, muestran que el pH de 8.97 excede el rango permitido de 6.5 - 8.5, indicando un ambiente ligeramente alcalino. La conductividad eléctrica es de 28.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que sugiere la presencia de sales disueltas, aunque no se especifica un LMP para este parámetro. La concentración de nitratos es elevada de 634.31 mg/L, lo que podría indicar contaminación por nutrientes. En cuanto a los metales, el cobre total de 7.09 mg/L, cadmio total de 0.95 mg/L y cromo VI de 1.7

mg/L exceden significativamente los LMP establecidos de 0.5 mg/L, 0.1 mg/L y 0.1 mg/L, respectivamente, lo que indica una contaminación grave por metales pesados en el lixiviado, que podría tener un impacto ambiental negativo si no se gestionan adecuadamente (Tabla 04). No se reportan valores de plomo en el análisis.

Tabla 04: Características físico químicos e inorgánicos del lixiviado generados en pozas del botadero Conchatanca, según DECRETO SUPREMO N° - 2009- MINAM

Parámetro de ensayo	Unidad	LMP	Resultados de análisis
pH	pH	6.5 – 8.5	8.97
Conductividad eléctrica	µS/cm	-	28.3
Temperatura	°C	-	17.3
Nitratos	mg/L	-	634.31
Cobre total	mg/L	0.5	7.09
Cadmio total	mg/L	0.1	0.95
Cromo VI	mg/L	0.1	1.7
Plomo total	mg/L	0.5	-

El análisis de los lixiviados del botadero de Conchatanca-Macusani muestra una contaminación significativa, especialmente por metales pesados y nutrientes, lo que sugiere un impacto ambiental crítico. En particular, el pH elevado de 8.97 indica un ambiente alcalino que supera los límites permisibles, lo que podría alterar la calidad del agua superficial o subterránea, afectando los ecosistemas cercanos (Ticona & Apaza, 2020). Estos resultados concuerdan con investigaciones previas, como la realizada por Velasquez(2021) en el botadero de Chilla, Juliaca, donde también se identificó una fuerte alcalinidad en los lixiviados. Este aumento de pH está probablemente relacionado con los

procesos de descomposición anaeróbica, lo que se observa comúnmente en vertederos no gestionados adecuadamente.

Por otro lado, la alta conductividad eléctrica registrada de 28.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indica una elevada concentración de sales disueltas, lo cual es consistente con estudios en otros rellenos sanitarios, como el de EMASA en Ecuador, donde Malavé & Muñoz (2020) encontraron un incremento en la concentración de sólidos suspendidos y disueltos. La elevada concentración de nitratos de 634.31 mg/L también es alarmante, ya que puede resultar en eutrofización si estos lixiviados contaminan cuerpos de agua superficiales. Este fenómeno fue observado también por Cuichán (2022) en el relleno sanitario “Romerillos” en Pichincha, donde las concentraciones de nutrientes superaron ampliamente los límites permisibles.

Además, la concentración de metales pesados como el cadmio de 0.95 mg/L y cromo VI de 1.7 mg/L excede los límites máximos permisibles según el Decreto Supremo N° 2009-MINAM, lo cual representa un riesgo significativo para la salud humana y el ambiente. La presencia de cadmio, 9.5 veces por encima del límite, podría generar efectos tóxicos graves, como bioacumulación y carcinogenicidad (Morales, 2021). De manera similar, el cromo VI, excediendo 17 veces el límite permitido, es conocido por sus efectos carcinógenos y su capacidad para contaminar cuerpos de agua subterráneos, como lo documentó Pacompia (2023) en su estudio sobre el impacto de los lixiviados en el distrito de Ilave.

Estos resultados resaltan la necesidad de implementar urgentemente medidas de control y tratamiento de lixiviados, tal como se ha sugerido en investigaciones previas en contextos similares (Fernández & Villanueva, 2020).

Los valores de pH del lixiviado generado por residuos orgánicos del botadero conchatanca, comparados con los límites máximos permisibles (LMP1 y LMP2) establecidos para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y

lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad. El pH registrado fue 8.97 indica una fuerte alcalinidad, superando LMP1 de 6.5 y apenas excediendo LMP2 de 8.5 (Figura 04). Este nivel alcalino podría deberse a procesos de descomposición anaeróbica y formación de compuestos básicos en el lixiviado. Estos resultados sugieren un potencial impacto ambiental, ya que lixiviados con pH elevado pueden alterar la calidad del agua superficial o subterránea si no son manejados adecuadamente, comprometiendo los ecosistemas cercanos.

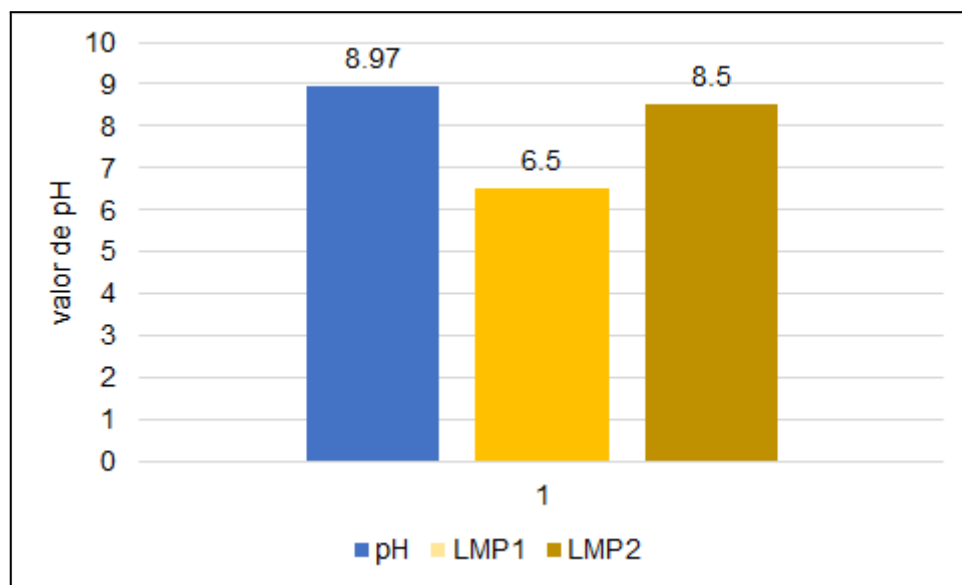


Figura 04: Concentración de pH del lixiviado generado en poza del botadero conchatanca y comparación con LMP

Los niveles de cobre total de 7.09 mg/L en lixiviados generados en el botadero conchatanca, comparados con el LMP, establecido en 0.5 mg/L. Los resultados evidencian que la concentración de cobre total supera significativamente el LMP, con un valor 14 veces mayor al permitido (Figura 05). Esto sugiere un manejo inadecuado de los lixiviados, lo que representa un riesgo ambiental y potencialmente a la salud humana, ya que la elevada concentración de metales pesados puede contaminar cuerpos de agua y suelos adyacentes. Se requiere un tratamiento urgente de estos residuos para minimizar su impacto.

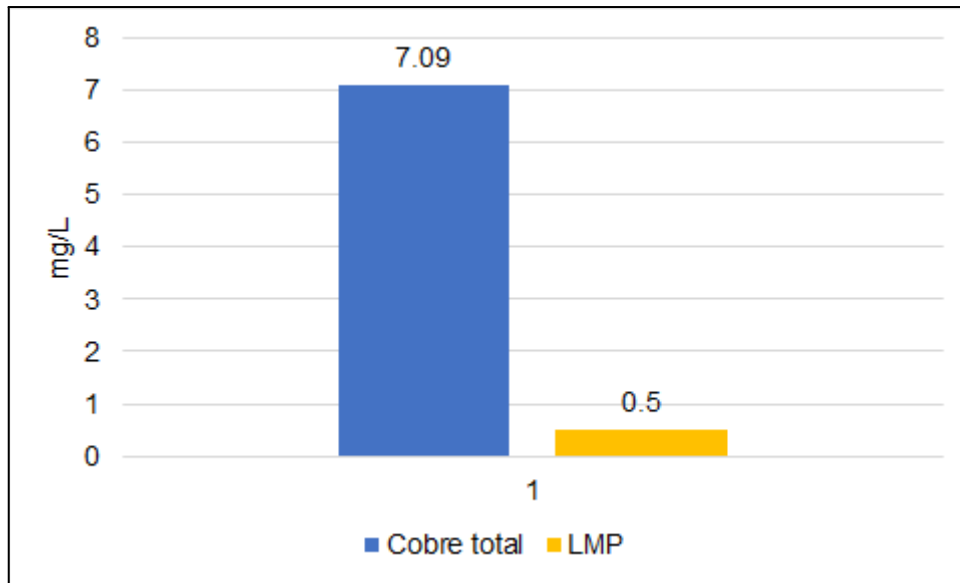


Figura 05: Concentración de cobre total del lixiviado generado en poza del botadero conchatanca y comparación con LMP

Las concentraciones de cadmio total de 0.95 mg/L en los lixiviados generados en el botadero conchatanca, en comparación con el LMP, establecido en 0.1 mg/L (Figura 06). Los resultados indican que la concentración de cadmio total es 9.5 veces mayor al valor permitido, lo que refleja una contaminación significativa por este metal pesado. Este exceso puede tener efectos tóxicos graves en los ecosistemas circundantes y en la salud humana, dado que el cadmio es altamente bioacumulable y carcinogénico. La implementación de medidas de control y tratamiento de lixiviados es esencial para mitigar este impacto ambiental.

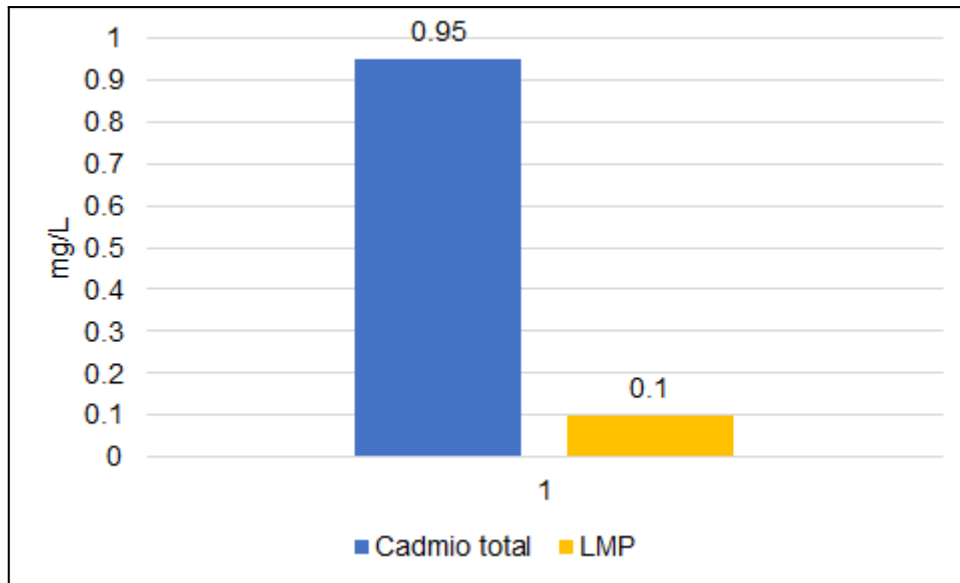


Figura 06: Concentración de cadmio total del lixiviado generado en poza del botadero conchatanca y comparación con LMP

Las concentraciones de cromo VI de 1.7 mg/L en los lixiviados generados en un botadero municipal, en contraste con el LMP de 0.1 mg/L (Figura 07). Los valores observados superan 17 veces el límite establecido, evidenciando una contaminación crítica por este metal altamente tóxico y carcinogénico. El cromo VI representa un riesgo ambiental significativo, ya que puede afectar la calidad del agua subterránea y los ecosistemas acuáticos, además de implicaciones graves para la salud humana. Es imprescindible implementar estrategias efectivas de tratamiento para reducir estos niveles y prevenir impactos adversos.

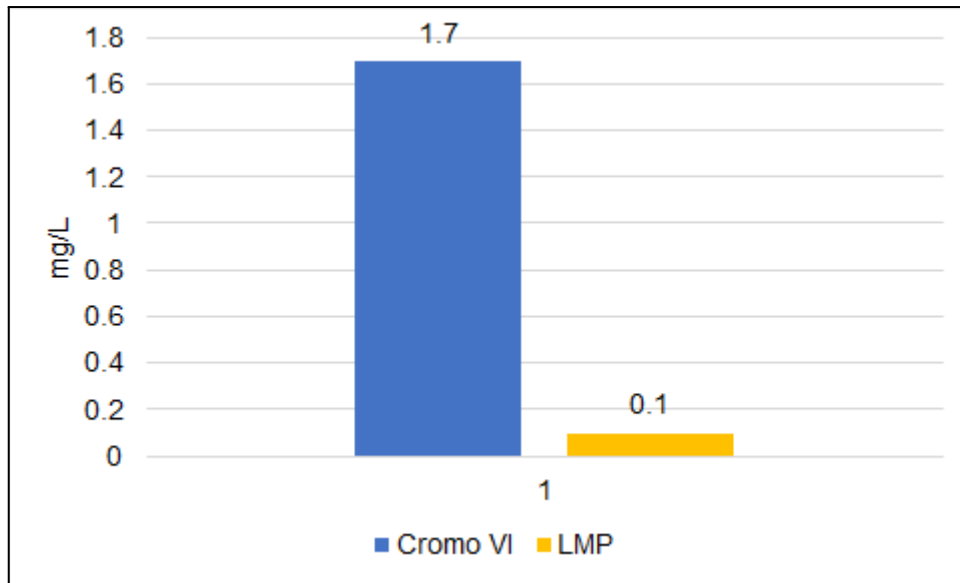


Figura 07: Concentración de cromo VI del lixiviado generado en poza del botadero conchatanca y comparación con LMP

4.2. DETERMINAR LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA GENERADOS POR LOS LIXIVIADOS DEL BOTADERO CONCHATANCA MACUSANI PUNO, 2024

Los resultados de la calidad del agua subterránea analizados en los puntos de muestreo S1, S2 y S3, comparados con los ECAs establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, revelan varios incumplimientos. El pH se encuentra dentro del rango permitido, pero se observan valores de conductividad eléctrica superiores al límite para uso poblacional y recreacional, especialmente en S1 y S2 de 1750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1550 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los sólidos totales disueltos (STD) y sulfatos muestran una disminución gradual de S1 a S3, con S1 excediendo el límite de 1000 mg/L. Los nitratos se mantienen dentro de los rangos permitidos, pero el cadmio y el cromo total superan ampliamente los valores máximos permisibles en todos los puntos, lo que indica contaminación por metales pesados. Asimismo, los valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO) son significativamente altos, señalando una carga orgánica elevada que podría afectar la calidad ambiental y los usos del agua subterránea

(Tabla 05). Estos resultados sugieren una contaminación que requiere intervención inmediata para evitar riesgos ambientales y de salud.

Tabla 05: Características físico químicos e inorgánicos del agua cerca del botadero conchatanca

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM								
Parámetro de ensayo	Unidad es	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales	Límite de cuantificación (ECA)*	Resultados por puntos de muestreo AGUAS SUBTERRÁNEAS		
						S1	S2	S3
Potencial de hidrógeno	pH	6.5-8.5		6.5-8.4	6.5 – 8.5	8.2	7.58	7.00
Conductividad	µS/cm	2500		5000	1500	1750	1550	1400
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3	Δ 3	17.15	17	17
Sólidos totales disueltos STD	mg/L	-		-	1000	1100	842	357
Sulfatos		1000		1000	250	245.5	105.2	86.87
Nitratos (NO3-) (c)	mg/L	100		100	50	45	37.7	40.5
Cadmio	mg/L	0.01		0.05	0.003	1.09	0.98	1.07
Cromo total	mg/L	0.1		1	0.05	0.12	0.07	0.87
Plomo	mg/L	0.05		0.05	0.01	-	-	-
Demanda Bioquímica de	mg/L	15		15	3	43	38.45	30

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Oxígeno								
(DBO5)								
Demanda								
Química	de						48.5	
		mg/L	40	40	10	47		47.98
Oxígeno							8	
(DQO)								

* Estándar de calidad ambiental para agua poblacional y recreacional en la categoría de aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos ($\text{NO}_3\text{-}$).

Los valores de pH en los puntos de muestreo oscilan entre 7 y 8.2, lo cual está dentro de los límites normativos permitidos por el ECA para agua destinada al uso poblacional y recreacional que puede ser potabilizada con desinfección. Sin embargo, se observó que en el sitio S1 el pH fue más elevado (8.2), lo que podría estar relacionado con la influencia de los lixiviados del botadero, generando una alcalinización del agua. Comparando estos resultados con estudios previos, como el de Malavé & Muñoz (2020), quienes reportaron un pH de 8.28 en aguas afectadas por lixiviados en Ecuador, es evidente que los lixiviados del botadero de Conchatanca están generando condiciones similares de alcalinidad.

En cuanto a la conductividad eléctrica, los valores registrados en el sitio S1 fueron de 1750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y S2 con 1550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ superando el límite del ECA de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica una alta concentración de sólidos disueltos. Esta situación es comparable con

estudios realizados en otros botaderos, como el de Fernández & Villanueva (2020), quienes también reportaron altos niveles de conductividad eléctrica en suelos afectados por lixiviados en Perú. Así mismo, los niveles altos de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (STD), especialmente en el punto de muestreo S1. Esto sugiere la presencia de contaminantes disueltos provenientes del botadero, lo cual coincide con los hallazgos de Sánchez (2020), quien también reportó altos niveles de conductividad eléctrica y sólidos disueltos en aguas subterráneas cercanas a botaderos no controlados. Los STD en los puntos de muestreo S1 fueron de 1100 mg/L excediendo los límites normativos del ECA de 1000 mg/L. Esta alta carga de sales disueltas en el agua subterránea podría ser resultado de la lixiviación de materiales sólidos del botadero, lo que compromete la potabilidad del agua y afecta la biota acuática. En contraste, el punto de muestreo S2 y S3 mostró niveles más bajos de 842 mg/L y 357 mg/L respectivamente, sugiriendo una menor influencia del botadero en este sitio. Estos resultados son consistentes con los reportados por Velasquez (2021) en el botadero de Chilla, donde los lixiviados también generaron altos niveles de STD en el agua subterránea.

Uno de los hallazgos más relevantes es la presencia de cadmio en concentraciones que varían entre 0.98 mg/L y 1.09 mg/L, superando ampliamente el límite permitido por el ECA de 0.003 mg/L. Estos niveles de cadmio representan una grave contaminación y un riesgo para la salud humana y la fauna local, ya que el cadmio es un metal pesado altamente tóxico y bioacumulable. Este fenómeno ha sido reportado también por Pacompia (2023), quien encontró concentraciones de cadmio en suelos y aguas contaminadas por lixiviados en vertederos de la región de Ilave.

Asimismo, las concentraciones de cromo total en todos los puntos fueron 0.12 mg/L, 0.07 mg/L y 0.87 mg/L, estos superan el límite del ECA de 0.05 mg/L. Esta situación sugiere una contaminación significativa por cromo en el área, posiblemente debido a los lixiviados del botadero. Estos resultados son consistentes con los reportes de Sánchez (2020),

quien también encontró altos niveles de cromo en aguas cercanas a botaderos en la región.

Los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO) superan ampliamente los límites permitidos, lo que indica una elevada carga orgánica en el agua subterránea. Estos resultados coinciden con los estudios realizados por Cuichán (2022), quien también encontró valores elevados de DBO5 y DQO en cuerpos de agua cercanos a vertederos debido a la descomposición de la materia orgánica. Este tipo de contaminación afecta directamente la calidad del agua y puede generar condiciones anaeróbicas que impacten negativamente la vida acuática.

Los valores de pH en tres sitios de muestreo de agua en S1, S2 y S3 ubicados cerca del botadero conchatanca, comparando los resultados con los ECAs para agua. Los valores de pH varían entre 7 y 8.2. El sitio S1 muestra un pH más elevado de 8.2, mientras que S2 tiene un pH de 7.58, y S3 presenta un pH de 7. Todos los valores cumplen con el ECA2 de 8.5, pero el sitio S1, S2 y S3 exceden el límite del ECA1 (Figura 08), lo que sugiere una posible influencia del botadero en la calidad del agua, aumentando su alcalinidad. Este cambio en el pH podría estar relacionado con los lixiviados generados en el área.

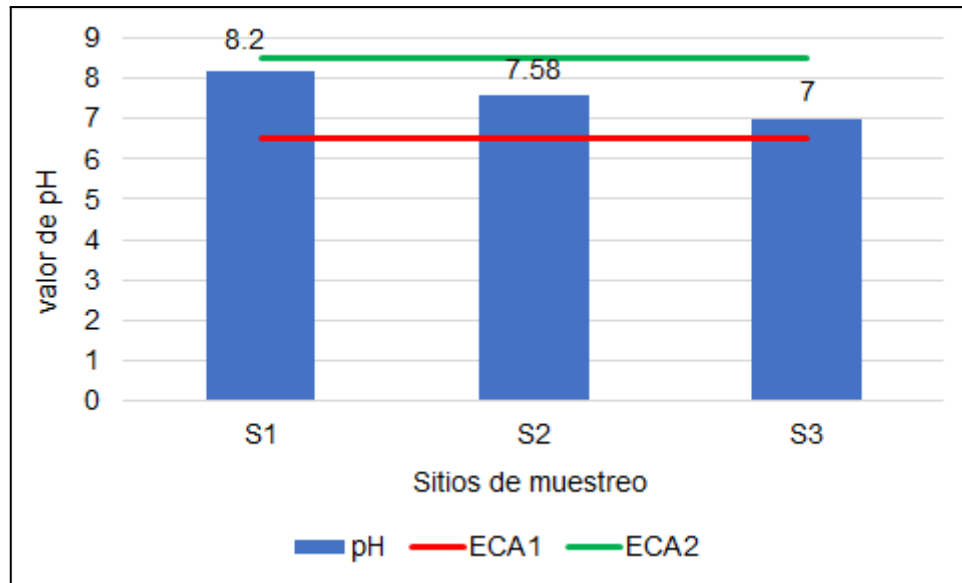


Figura 08: Concentración de pH del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.

El pH en el botadero de Muñani se encuentra en el rango neutro de 7.60 ± 0.07 , lo que sugiere una ligera alcalinidad, compatible con la alcalinidad observada de 176.41 ± 35.58 mg/L. Estos resultados sugieren que, aunque los lixiviados han influido en la calidad del agua, el sistema acuífero parece estar amortiguando su impacto en términos de acidez (Gomez, 2023). Estos valores son semejantes al presente estudio.

Los valores de conductividad eléctrica (C.E.) en tres sitios de muestreo de agua en S1, S2 y S3 cercanos al botadero conchatanca, comparados con los ECA. Los valores de C.E. varían de 1400 a 1750 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El sitio S1 presenta el valor más alto de 1750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, superando el límite establecido por el ECA de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica una posible mayor concentración de sólidos disueltos en el agua, relacionada con la contaminación por el botadero. El sitio S2 tiene un valor de 1550 $\mu\text{S}/\text{cm}$, apenas por debajo del límite del ECA, mientras que S3 presenta el valor más bajo de 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cumpliendo con el estándar (Figura 09). Estos resultados sugieren una influencia significativa del botadero sobre la calidad del agua, especialmente en S1.

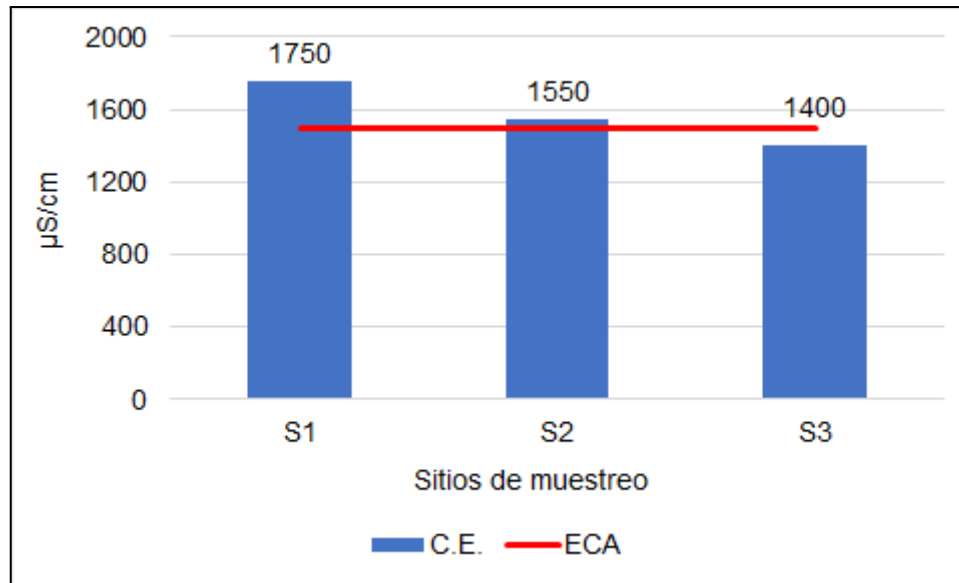


Figura 09: Concentración de conductividad eléctrica (C.E.) del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.

La conductividad eléctrica en el botadero de Muñani con valores que oscilaron entre 116.7 y 121.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, muy por debajo de los límites ECA-MINAM (850–1560 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que indica baja salinidad y ausencia de contaminantes iónicos significativos (Gomez, 2023). Este resultado es menor al presente estudio.

Las mediciones de temperatura del agua en los sitios de muestreo S1, S2 y S3 presentan valores de 17.15 °C, 17 °C y 17 °C respectivamente, superando el ECA establecido, lo cual sugiere una alteración térmica en estos puntos (Figura 10). Esta elevación de la temperatura podría estar relacionada con la descomposición de la materia orgánica presente en los lixiviados del botadero, afectando potencialmente la calidad del agua y el equilibrio ecológico del ecosistema acuático. Es importante considerar que el aumento de temperatura puede disminuir la solubilidad del oxígeno en el agua, impactando negativamente a la fauna acuática.

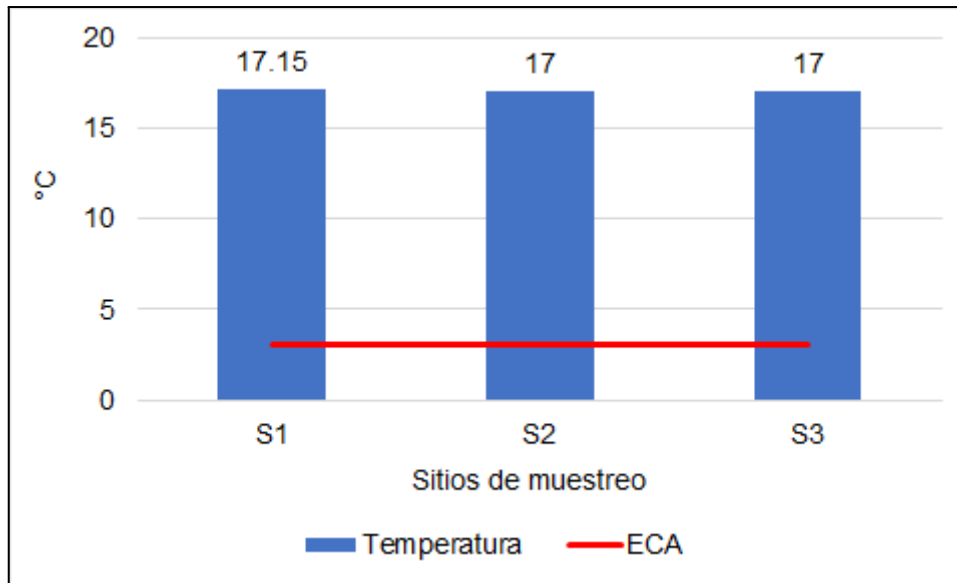


Figura 10: Temperatura del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.

La temperatura en el botadero de Muñani, el agua subterránea presentó una temperatura promedio de 7°C, lo que sugiere que no ha sido significativamente afectada por procesos térmicos asociados a los lixiviados. Este valor está dentro de los rangos normales para la zona de estudio (Gomez, 2023). La temperatura del presente estudio fue 10°C más.

La concentración de sólidos totales disueltos (STD) en los puntos de muestreo S1 es 1100 mg/L y S2 842 mg/L excede significativamente el ECA, lo que indica una alta carga de sales y minerales disueltos en el agua, probablemente debido a la lixiviación del botadero Conchatanca; esta situación podría comprometer la potabilidad del agua y afectar negativamente la biota acuática. En contraste, el punto de muestreo S3 es 357 mg/L presenta una concentración de STD dentro de los límites del ECA, sugiriendo una menor influencia del botadero en este sitio (Figura 11).

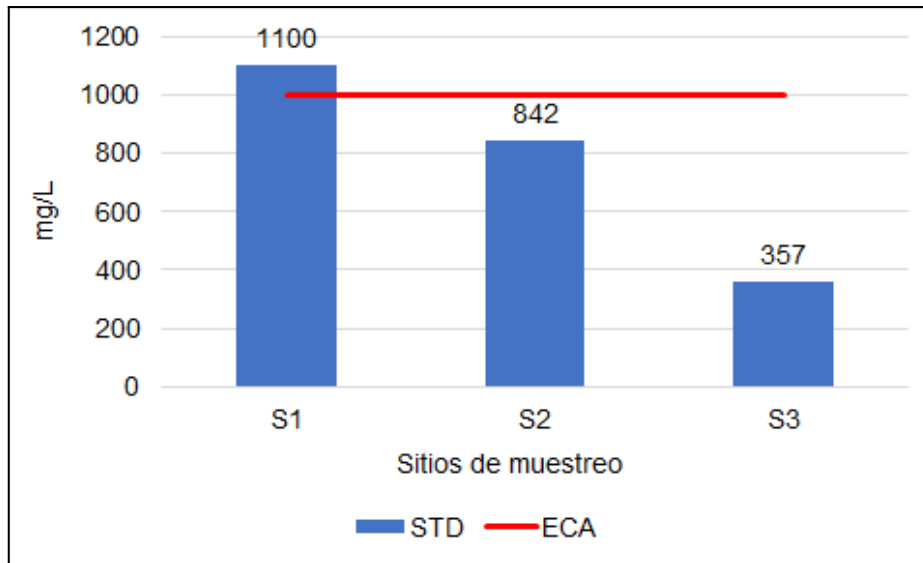


Figura 11: Concentración de sólidos totales disueltos del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.

La concentración de sulfatos en el punto de muestreo S1 fue 245.5 mg/L que supera ligeramente el ECA, lo que sugiere una posible afectación por la presencia de lixiviados del botadero Conchatanca, mientras que las concentraciones en S2 fue 105.2 mg/L y S3 de 86.87 mg/L se encuentran por debajo del límite establecido en el ECA, indicando una menor influencia del botadero en estos puntos (Figura 12).

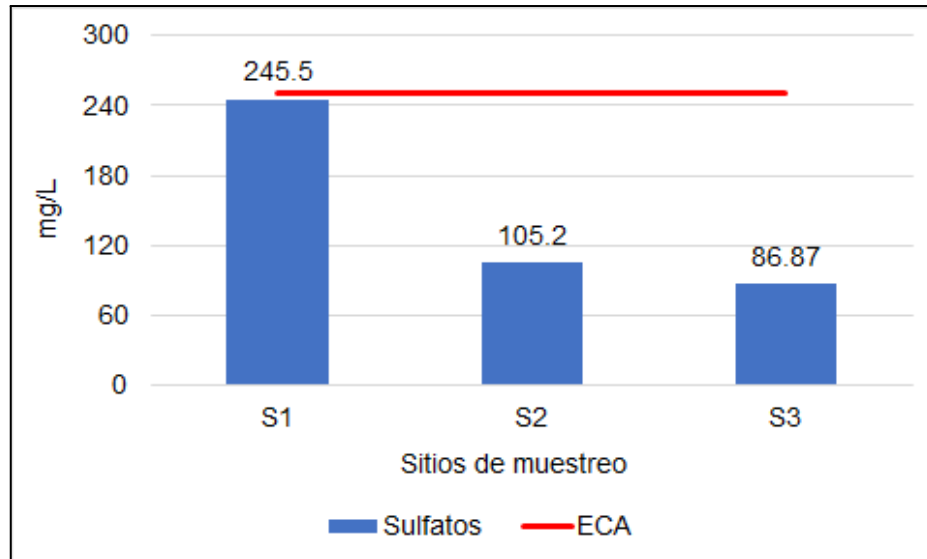


Figura 12: Concentración de sulfatos del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.

El sulfato del agua en el botadero de Muñani fue 44.02 ± 2 mg/L, donde la presencia de sulfatos indica un aporte constante de lixiviados al sistema acuífero, aunque se mantienen dentro de los valores recomendados por normativas ambientales (Gomez, 2023). Este resultado es menor al presente estudio.

La concentración de nitratos en el punto de muestreo S1 fue 45 mg/L se aproxima al límite del ECA, mientras que en S2 es 37.7 mg/L y S3 de 40.5 mg/L se mantienen por debajo, lo que sugiere una posible influencia del botadero Conchatanca en S1, requiriendo una evaluación más profunda para determinar si la fuente de nitratos está relacionada con la actividad del botadero o con otras fuentes de contaminación en la zona (Figura 13).

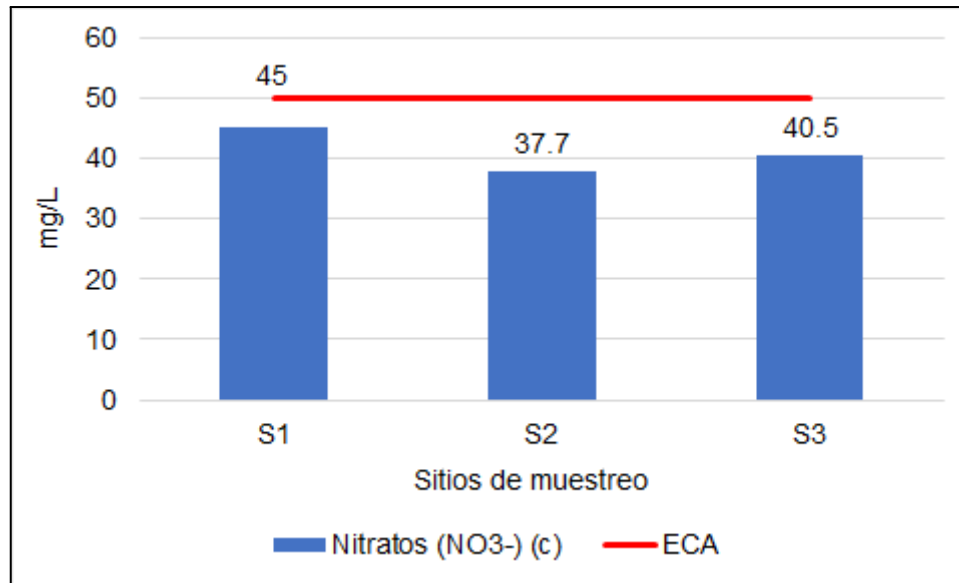


Figura 13: Concentración de nitratos del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.

La concentración de cadmio en el punto de muestreo S1 fue 1.09 mg/L, S2 de 0.98 mg/L y S3 de 1.07 mg/L que excede significativamente el ECA, lo que indica una grave contaminación por cadmio en la zona y sugiere una fuerte influencia del botadero Conchatanca como fuente de este metal pesado, lo cual representa un riesgo potencial para la salud humana y el equilibrio ecológico del ecosistema (Figura 14).

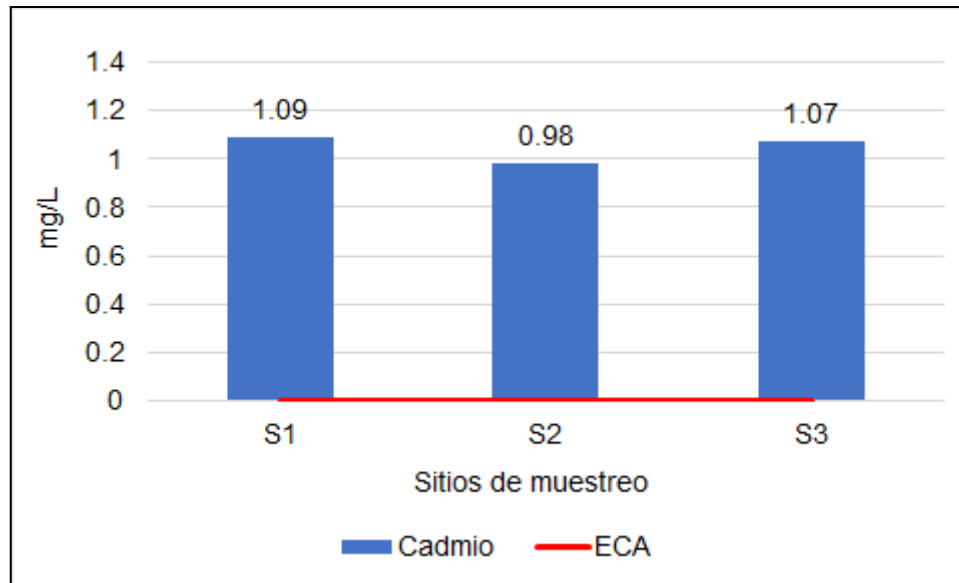


Figura 14: Concentración de cadmio del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.

La concentración de cromo total en el punto de muestreo S3 fue 0.87 mg/L excede notablemente el ECA, sugiriendo una significativa contaminación por cromo proveniente probablemente del botadero Conchatanca, mientras que S1 fue 0.12 mg/L y en S2 0.07 mg/L se encuentran dentro de los límites del ECA, aunque S1 se encuentra muy cerca del límite, lo que indica que la contaminación por cromo es más pronunciada en la cercanía del punto S3 (Figura 15).

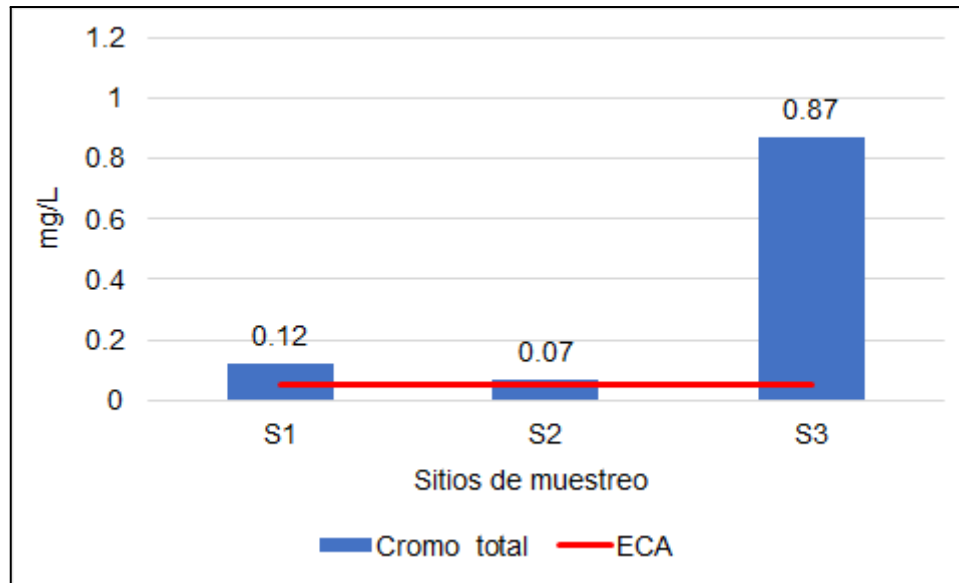


Figura 15: Concentración de cromo total del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.

El cromo del agua en el botadero de Muñani fue 0.00 ± 0.01 mg/L, donde la concentración de este metal pesado es insignificante o nula, lo que sugiere que, al menos por el momento, no existe un riesgo elevado de contaminación por metales pesados en el agua subterránea (Gomez, 2023). Este resultado es menor al presente estudio.

Los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) en los puntos de muestreo S1 fue 43 mg/L, S2 38.45 mg/L y en S3 30 mg/L superan ampliamente el límite establecido por el ECA, lo que indica una elevada carga orgánica en el agua, probablemente causada por los lixiviados del botadero Conchatanca. Este exceso de materia orgánica puede generar condiciones anaeróbicas, afectando la calidad del agua y comprometiendo la vida acuática en la zona. La mayor concentración en S1 sugiere una influencia más directa del botadero en este punto (Figura 16).

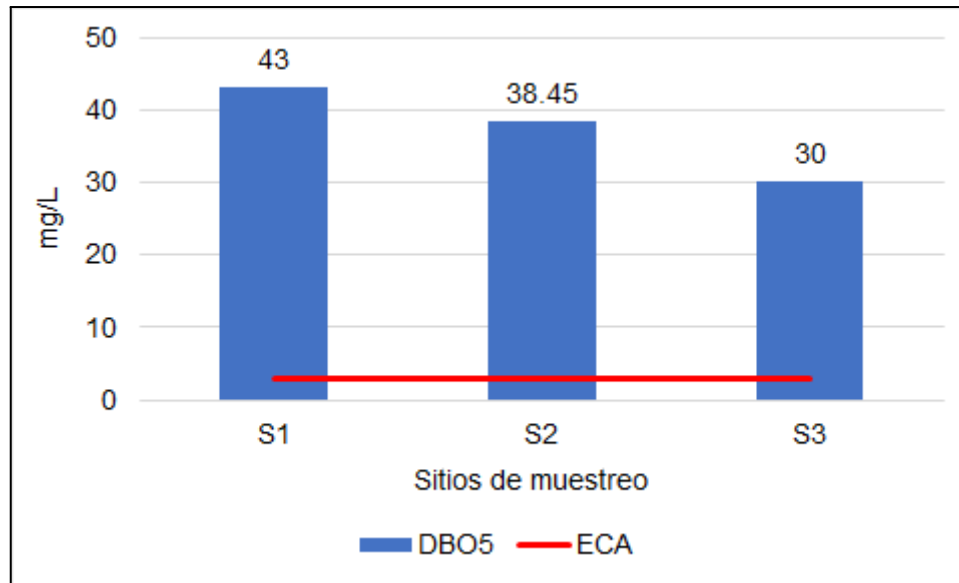


Figura 16: Concentración de DBO5 del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.

Los resultados de la demanda química de oxígeno (DQO) en los puntos de muestreo S1 fue 47 mg/L, S2 48.58 mg/L) y en S3 47.98 mg/L que superan ampliamente el límite establecido por el ECA de 10 mg/L, lo que evidencia una alta carga de compuestos orgánicos e inorgánicos oxidables en el agua, presumiblemente provenientes de los lixiviados generados por el botadero Conchatanca (Figura 17). Este nivel elevado de DQO indica una contaminación significativa que puede afectar la calidad del agua y su capacidad para sustentar vida acuática, además de representar un riesgo ambiental y sanitario en la zona.

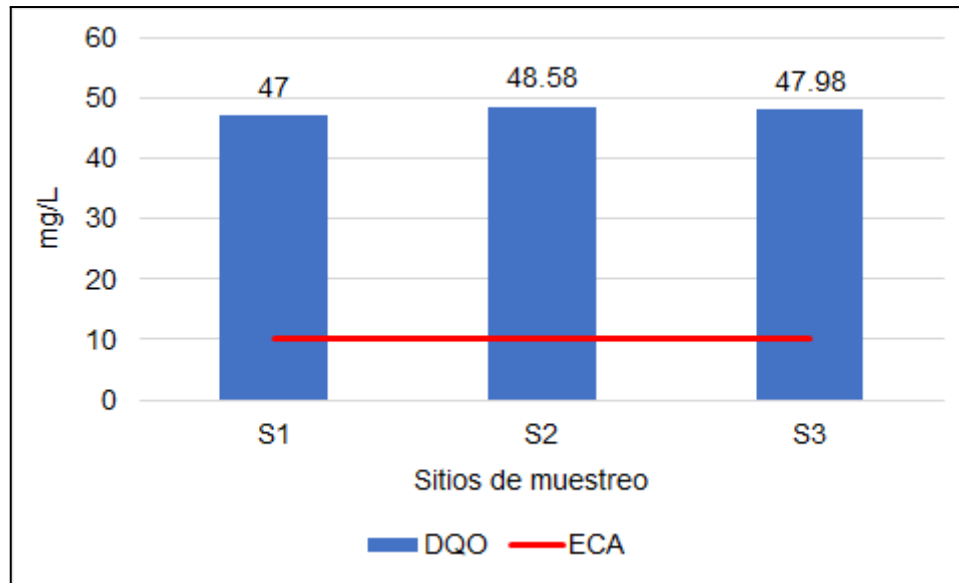


Figura 17: Concentración de demanda química de oxígeno del agua cerca del botadero conchatanca y comparación con ECA para agua.

4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.3.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis nula (H_0)

H_0 = No existe contaminación de agua y suelo por los lixiviados del botadero de conchatanca en Macusani Puno, 2024

Hipótesis alternativa (H_1)

H_1 = Existe contaminación de agua y suelo por los lixiviados del botadero de conchatanca en Macusani Puno, 2024

Según los resultados de las tablas 03, 04 y 05, sobre la contaminación de agua y suelo por los lixiviados del botadero canchatanca en Macusani, se concluye, que sobrepasa los ECAs y LMP para suelo, agua y lixiviado por lo que se acepta la H_1 y se rechaza la H_0 .

4.3.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

H_0 = No existe contaminación del suelo generados por los lixiviados del botadero conchatanca Macusani Puno, 2024

H_1 = Existe contaminación del suelo generados por los lixiviados del botadero conchatanca Macusani Puno, 2024

Según los resultados de la figura 03, sobre la contaminación de agua y suelo por los lixiviados del botadero Canchatanca en Macusani, se concluye, que sobrepasa los ECAs para suelo por lo que se acepta la H_1 y se rechaza la H_0 .

4.4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

H_0 = No existe contaminación del agua generados por los lixiviados del botadero conchatanca Macusani Puno, 2024

H_1 = Existe contaminación del agua generados por los lixiviados del botadero conchatanca Macusani Puno, 2024

Según los resultados de la tabla 05, sobre la contaminación de agua y suelo por los lixiviados del botadero Canchatanca en Macusani, se concluye, que sobrepasa los ECAs para agua por lo que se acepta la H_1 y se rechaza la H_0 .

CONCLUSIONES

PRIMERA: En el análisis de lixiviados, se verificó que el pH supera el rango promedio de 8.97 a los parámetros establecidos, indicando un ambiente ligeramente alcalino, para el Cadmio se tiene 0.95 mg/L excediendo el límite de 0.1 mg/L, mientras que el Cromo VI es de 1.7 mg/L, excediendo significativamente los parámetros de 0.1 mg/L para aspectos ambientales.

SEGUNDA: El análisis de los suelos cercanos al botadero de Conchatanca reveló la presencia de altos niveles de cadmio de 1.57 mg/kg en promedio, que superaron los parámetros establecidos para suelos agrícolas, alcanzando concentraciones de 1.86 mg/kg en S1 y 1.80 mg/kg en S2. Esto confirma que los lixiviados generados en el botadero están provocando una contaminación del suelo, afectando la calidad de este recurso y representando un riesgo potencial para la agricultura y la salud pública. Por otro lado, el cromo VI en el S1 iguala a los límites de 0.40 mg/kg, y los sitios 2 y 3 no superan los parámetros del ECA para suelo agrícola.

TERCERA: Se logró verificar los resultados del análisis del agua mostrando que los lixiviados del botadero de Conchatanca la conductividad eléctrica promedio de 1566.67 μ S/cm sobrepasa los parámetros permitidos del ECA, la concentración de cadmio de 1.05 mg/L supera ampliamente al parámetro que es 0.003 mg/L, El cromo total de 0.35 mg/L supera ampliamente los parámetros establecidos por la normativa, indicando que han generado una grave contaminación en este sector. La concentración de DBO y DQO sobrepasa los parámetros permitidos ampliamente con valores de 37.15 y 47.85 mg/L,

respectivamente. Estos niveles de contaminación podrían tener efectos perjudiciales sobre los ecosistemas acuáticos y representar un riesgo significativo para las poblaciones humanas cercanas.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad Provincial de Carabaya:

PRIMERA: Se recomienda la construcción de un Relleno Sanitario adecuado para la correcta disposición de residuos sólidos municipales evitando la dispersión de contaminantes hacia áreas agrícolas y de pastoreo.

SEGUNDA: Se recomienda la instalación de barreras físicas y sistemas de drenaje alrededor del botadero de Conchatanca para reducir la infiltración de lixiviados en cuerpos de agua superficiales o subterráneas y el monitoreo constante de ojos de agua y riachuelos cercanos al botadero.

TERCERA: Es esencial establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar los niveles de metales pesados, pH, conductividad eléctrica y otros parámetros relevantes en el agua y el suelo. Esto permitirá detectar rápidamente cambios en los niveles de contaminación y aplicar medidas correctivas.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, F. (2019). *Identificación de impactos ambientales reportados durante la operación de rellenos sanitarios en Colombia* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD]. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/25366>
- Barreto, R., & Colque, W. D. (2021). *Evaluación de la concentración de cromo VI, cadmio y plomo presentes en suelos agrícolas a causa del lixiviado proveniente del botadero municipal de la provincia de Espinar—Cusco 2021* [Tesis Pregrado, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11361>
- Bastos, C. J. B. (2021). Tratamiento de Lixiviados en Rellenos Sanitarios. *Dinamica ambiental*, 05, Article 05. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/11376>
- Becerra, D., Rubio-Gomez, Y., Barajas-Solano, andres F., Ramírez, L. F., & Machuca-Martínez, F. (2023, septiembre 8). Una revisión sobre el tratamiento para lixiviados de rellenos sanitarios mediante el acople de procesos avanzados de oxidación y biológicos. https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/11626/16084, 25(4), 1-17. <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/6951>
- Beistegui, J. A., Maté, P. P., Estelrich, C., Giaquinta, A., Hollmann, J., Melin, A., Bailleres, M., Pérez, M., Boragno, O., Pontaroli, L., Zeberio, J. M., & Atela, O. (2021). Suelos: El principio de todo. *Revista MDA*, 2(2), 1-9. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/165951/CONICET_Digital_Nro.1bb94611-26c8-43ec-ad45-e03c0c0b5538_A.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Bustamante, C. A. (2022). *Evaluación de la contaminación del estero Casa Camaron generada por lixiviados del relleno sanitario de Machala El Oro—Ecuador* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Piura].

- <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/4160>
- Cachique, R. (2017). *Caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Caynarachi, Lamas 2016* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Unión].
<http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/978>
- Chucos, A. A. (2020). *Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero “El Porvenir”—El Tambo* [Tesis Pregrado, Universidad Continental].
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8794>
- Cuichán, J. I. (2022). *Tratabilidad de lixiviados sanitarios: Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario «Romerillos» del cantón Mejía, provincia de Pichincha, mediante coagulación-floculación con cloruro férrico*. [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23015>
- El Búho. (2023, septiembre 3). Amenaza ambiental: El mal manejo de la basura que pone en riesgo la vida de las comunidades en Puno. *El Búho*.
<https://elbuho.pe/2023/09/amenaza-ambiental-el-mal-manejo-de-la-basura-que-pone-en-riesgo-la-vida-de-las-comunidades-en-puno/>
- Encinas, M. D. (2011). *Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos* (1ª edición). Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International.
<https://doi.org/10/16784>
- FAO. (2018). *La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro*. Newsroom.
<https://www.fao.org/newsroom/story/Polluting-our-soils-is-polluting-our-future/es>
- Fernández, D., & Villanueva, J. W. (2020). *Influencia de los lixiviados del botadero municipal en la calidad del suelo para uso agrícola, distrito de San Antonio de Cumbaza, Provincia de San Martín – San Martín* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63528>
- Gomez, L. N. (2023). *Contaminación del agua subterránea por lixiviados de residuos*

- sólidos en el botadero municipal del distrito de Muñani, Puno – 2023 [Tesis de Pregrado, Universidad Privada San Carlos].
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/639>
- Jiménez, R. (2017). *Introducción a la contaminación de suelos: Vol. 3°* (Ediciones Mundi-Prensa).
- Larramendi, E. M., Millán, G., & Plana, M. A. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. *Revista 16 de abril*, 60(279), Article 279.
https://rev16deabril.sld.cu/index.php/16_04/article/view/854
- Ley 28611. (2005). *Ley General del Ambiente*.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>
- Londoño, L. F., Londoño, P. T., & Muñoz, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Malavé, J. I., & Muñoz, D. (2020). Monitoreo de la contaminación por los lixiviados generados en el relleno sanitario de la empresa pública EMASA del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena – Ecuador. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, 3(6), Article 6.
<https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/allpa/article/view/63>
- MINAM. (2016). *Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-legislativo-que-aprueba-ley-gestion-integral-residuos-solidos>
- MINAM. (2017). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024* (p. 85) [Text].
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>

- MINAM. (2018). *Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios por departamento* [Text]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/generacion-capita-residuos-solidos-domiciliarios-departamento>
- MINAM. (2019). *Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales- Meta 3. PI.* https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_public/migl/municipalidades_pmm_pi/meta3A_2019_implementar_SI.pdf
- Morales, B. A. (2021). *Estudio comparativo bibliográfico de tratamientos biológicos anaeróbico, aeróbico y anóxico aplicados en lixiviados mediante la utilización de biorreactores..* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7574>
- Navarro, Y. (2023). *Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero del distrito de Ilave—2023* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/622>
- Ortiz, L. M. (2022). *Eficiencia del tratamiento de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca 2021* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5443>
- Pacompa, T. G. (2023). *Efecto por lixiviados del botadero municipal en el suelo por metales pesados distrito de Ilave—2023* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/620>
- Palacin, N. E. (2020). *Acciones antrópicas e impacto socioambiental del botadero de residuos sólidos Rumiallana en el Distrito de Yanacancha- Pasco, 2019* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2015>

- Palacios, J. A. (2022). *Impacto ambiental generado por el botadero de residuos sólidos en el distrito de llave-Puno, 2021* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/448>
- Rojas, M. (2017). Cantidad y disposición final de residuos sólidos en la ciudad de Puno. *Revista de Investigacion Carrera Profesional de Obstetricia*, 1(1), 28-31.
- Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios* (02 ed.). CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/40407>
- Saavedra, K. A. (2020). *Contaminación del suelo por lixiviados generados en el botadero de Cuñumbuque, San Martín, 2019* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58600>
- Sánchez, W. A. (2020). *Evaluación de los lixiviados generados en el botadero de carhuashjirca y los impactos ambientales generados en la quebrada vientojirca – Independencia – Huaraz – Ancash – 2018* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4239>
- Solís, L. M., & López, J. A. (2003). *Principios básicos de contaminación ambiental* (1ra ed.). Uaem.
- Ticona, L., & Apaza, C. M. (2020). Evaluación del impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani Puno. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 2(4), 29-36. <http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/xmlui/handle/UNAJ/104>
- Velasquez, L. C. (2021). *Evaluación de niveles de contaminación de agua y suelo generados por los lixiviados del botadero de Chilla en Juliaca, 2021* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90942>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia:

CONTAMINACIÓN DE AGUA Y SUELO POR LIXIVIADOS DEL BOTADERO DE CONCHATANCA MACUSANI PUNO, 2024

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS.
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente			
¿Cuáles son los niveles de contaminación en agua y suelo generados por los lixiviados del botadero de Conchatanca Macusani Puno, 2024?	Evaluar los niveles de contaminación de agua y suelo por los lixiviados del botadero de conchatanca Macusani Puno, 2024	Los lixiviados del botadero de Conchatanca en Macusani, Puno, han aumentado significativamente los niveles de contaminación de agua y suelo en el área circundante en el año 2024	Lixiviados del Botadero de Conchatanca	Concentración de metales pesados (plomo, mercurio, cadmio) Concentración de nutrientes (nitratos, fosfatos) pH Concentración de materia orgánica		Para el procesamiento de datos vamos a usar el software informático que es el Excel y para procesar los datos utilizamos la estadística descriptiva
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dependiente			
¿Cuál es el nivel de contaminación del suelo generado por los lixiviados del botadero de Conchatanca Macusani, Puno, en el año 2024?	Determinar los niveles de contaminación del suelo generados por los lixiviados del botadero de conchatanca Macusani Puno, 2024	Los lixiviados del botadero de Conchatanca en Macusani, Puno, han generado un aumento significativo en los niveles de contaminación del suelo en el año 2024	Contaminación de suelo y agua.	Niveles de metales pesados (plomo, mercurio, cadmio) Niveles de nutrientes (nitratos, fosfatos) pH del agua Demanda química de oxígeno (DQO) Demanda biológica de oxígeno (DBO)	laboratorio	
¿Cuál es el nivel de contaminación del agua generado por los lixiviados del botadero de Conchatanca Macusani, Puno, en el año 2024?	Determinar los niveles de contaminación del agua generados por los lixiviados del botadero de conchatanca Macusani Puno, 2024	Los lixiviados del botadero de Conchatanca en Macusani, Puno, han generado un aumento significativo en los niveles de contaminación del agua en el año 2024				

Anexo 02: DECRETO SUPREMO N° - 2009- MINAM: Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad

	Parámetros	Unidad	LMP	Método de ensayo
I	Generales			
1	pH		6,5 – 8,5	APHA 4500-H+ - B Pág. 4-90 a 4-94 21ava edición

	Parámetros	Unidad	LMP	Método de ensayo
2	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	30	APHA 2540-D Pág. 2-58 a 2-59 21ava edición
II	Orgánicos			
3	DQO	mg/L	120	EPA method 410.1 600/4-79-020 REVISED MARCH
4	DBO	mg/L	20	APHA -AWWA-WEF 5210 B. 21st edition
5	Hidrocarburos Totales de Petróleo		10	DIN EN ISO 9377-2. Julio 2001
III	Inorgánicos			
6	Amonio (como N)	mg/L	10	
7	Arsénico total	mg/L	0,1	APHA 3114-C Pág. 3-37 a 3-38 21ava edición
8	Cadmio total	mg/L	0,1	APHA 3111-B, Pág 3-17 a 3-19, 21st Edition.
9	Cobre total	mg/L	0,5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
10	Cromo VI (*)	mg/L	0,1	Standard Methods for the examination of water and wastewater APHA-AWWA-WEF. 3500 Cr-B 21 st Edition
11	Hierro total	mg/L	2	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
12	Mercurio total	mg/L	0,01	APHA 3112-B Pág. 3-23 a 3-24 21ava edición
13	Plomo total	mg/L	0,5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
14	Zinc total	mg/L	0,5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava Edición
IV	Biológico			
15	Coliformes totales	NMP/100 mL	1 000	APHA 9221 B Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition

Anexo 03: ECA Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
<u>Bifenilos Policlorados</u>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Organoclorados				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

Anexo 04: Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**

INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Niquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₈ - C ₆₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

Anexo 05: Estándares de calidad ambiental (eca) para suelo

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ^{(5)/ Industrial/ Extractivo⁽⁶⁾}	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Anexo 06: Aspectos que ayudan a garantizar que las actividades en el botadero de Conchatancca cumplan con la Ley General del Ambiente (Ley N°28611) y protejan la salud pública y el entorno natural en Macusani, Puno.

Artículo 5 - Principio de prevención: Este artículo establece que es prioritario prevenir los daños ambientales antes que remediar sus efectos. En el contexto del botadero de Conchatancca, esto implica la necesidad de implementar medidas preventivas para evitar la generación de lixiviados contaminantes.

Artículo 8 - Principio de responsabilidad: Establece que los responsables de actividades que generan contaminación deben asumir la responsabilidad de la prevención, mitigación y reparación de los daños ambientales. Esto aplica a la gestión de los residuos y lixiviados del botadero.

Artículo 10 - Derecho a la información: Asegura que la población tiene derecho a acceder a información sobre la calidad del ambiente y los riesgos de contaminación. Esto es relevante para la comunidad de Macusani, que debería estar informada sobre los niveles de contaminación del agua y suelo.

Artículo 12 - Protección de los recursos hídricos: Específicamente se refiere a la protección de la calidad del agua, que debe mantenerse libre de contaminantes peligrosos. La contaminación del agua por lixiviados es una violación directa de este principio.

Artículo 14 - Gestión de residuos sólidos: Establece la obligación de gestionar los residuos sólidos de manera que se minimice su impacto ambiental. En el caso del botadero de Conchatancca, esto implica la correcta gestión y tratamiento de los residuos para evitar la generación de lixiviados contaminantes.

Artículo 66 - Prevención y control de la contaminación del suelo: Señala que las autoridades competentes deben adoptar medidas para prevenir y controlar la contaminación del suelo, incluyendo la rehabilitación de suelos degradados. Esto es fundamental para abordar la contaminación del suelo en el área del botadero.

Principios Generales

Principio de sostenibilidad: Promueve el uso sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente para las generaciones presentes y futuras.

Principio de precaución: Indica que en ausencia de certeza científica absoluta, se deben tomar medidas preventivas cuando exista la posibilidad de daño grave o irreversible al medio ambiente.

Principio de internalización de costos: Sugiere que los costos ambientales deben ser asumidos por quienes generan la contaminación. Esto se relaciona con la responsabilidad de quienes gestionan el botadero de Conchatancca.

Anexo 07: La Ley General de Residuos Sólidos (N° 27314) proporciona un marco normativo esencial para abordar la contaminación de agua y suelo por lixiviados en el botadero de Conchatancca. La correcta aplicación de esta ley es crucial para la protección ambiental y la salud pública en Macusani, Puno.

Artículo 2 - Ámbito de Aplicación: Esta ley se aplica a todas las actividades generadoras de residuos sólidos, lo cual incluye la gestión de botaderos como el de Conchatancca.

Artículo 3 - Principios de Gestión Integral de Residuos Sólidos: Este artículo establece principios como la prevención, minimización, valorización, manejo ambientalmente adecuado, responsabilidad extendida del generador, y protección de la salud pública y el ambiente.

Artículo 6 - Responsabilidades del Generador: Establece que los generadores de residuos sólidos son responsables de su manejo desde la generación hasta su disposición final, asegurando que no causen daño al ambiente ni a la salud de las personas.

Artículo 9 - Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales: Este artículo indica que los gobiernos locales deben asegurar la gestión integral de los residuos sólidos en su jurisdicción, lo que incluye la recolección, transporte, tratamiento y disposición final adecuada para evitar la contaminación.

Artículo 17 - Disposición Final de Residuos Sólidos: Establece que la disposición final debe realizarse en condiciones que no generen riesgos para la salud humana ni daños al ambiente. Esto es directamente relevante para evitar la contaminación por lixiviados en el botadero.

Artículo 22 - Lixiviados y Emisiones: Este artículo señala que se deben tomar las medidas necesarias para controlar y tratar los lixiviados y las emisiones de gases en los lugares de disposición final de residuos sólidos.

Artículo 29 - Obligaciones de los Operadores de Infraestructuras: Establece que los operadores de instalaciones de gestión de residuos sólidos deben cumplir con los requisitos técnicos y operativos para prevenir la contaminación ambiental, incluyendo el control de lixiviados.

Anexo 08: Ley de Recursos Hídricos (N° 29338) proporciona un marco normativo esencial para abordar la contaminación de agua y suelo por lixiviados del botadero de Conchatancca. La correcta aplicación de esta ley es crucial para la protección y gestión sostenible de los recursos hídricos en Macusani, Puno.

Artículo 3 - Principios de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Establece que la gestión de los recursos hídricos debe considerar la sostenibilidad, equidad, eficiencia, y participación ciudadana. Esto incluye la prevención de la contaminación y la protección de la calidad del agua.

Artículo 8 - Derecho al Uso del Agua: Señala que todos tienen derecho a usar el agua en condiciones que no perjudiquen su calidad ni la disponibilidad para otros usuarios y el medio ambiente.

Artículo 14 - Protección de la Calidad del Agua: Este artículo establece que es responsabilidad del Estado y de los usuarios proteger la calidad de los cuerpos de agua. Prohíbe la descarga de contaminantes sin tratamiento adecuado.

Artículo 16 - Gestión de Residuos Líquidos: Indica que la descarga de aguas residuales debe realizarse de acuerdo a normas de calidad ambiental y en condiciones que no deterioren la calidad de los cuerpos de agua receptores.

Artículo 27 - Participación Ciudadana: Establece que la gestión de los recursos hídricos debe incluir la participación de la comunidad, lo que implica informar y consultar a la población sobre los niveles de contaminación y las medidas tomadas para mitigarlos.

Artículo 74 - Control y Monitoreo: Dispone que se deben establecer sistemas de control y monitoreo de la calidad del agua para prevenir y reducir la contaminación.

Anexo 09: Panel fotográfico.



Figura 18: Proceso de excavación de calicatas



Figura 19: Calicata número 01



Figura 20: Calicata número 02



Figura 21: Vista panorámica de área de estudio



Figura 22: Muestreo de suelos para análisis



Figura 23: Muestra de lixiviado



Figura 24: Muestra de lixiviado etiquetado



Figura 25: Muestra de agua para análisis