

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**CONTAMINANTES DEL LIXIVIADO DE TIPO I EN LA POZA II DE “CELDA  
TRANSITORIA DE HUANUYO” DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN**

**ROMÁN - JULIACA 2023**

**PRESENTADA POR:**

**MELECIO JAPURA CHACHAQUE**

**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/)



18.05%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 4 OCT 2025, 12:11 AM

### Similarity report

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

● IDENTICAL  
3.94%

● CHANGED TEXT  
14.1%

## Report #28988445

MELECIO JAPURA CHACHAQUE // CONTAMINANTES DEL LIXIVIADO DE TIPO I EN LA POZA II DE "CELDA TRANSITORIA DE HUANUYO" DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA 2023 RESUMEN El objetivo de este estudio fue determinar los elementos contaminantes del lixiviado de Tipo I en la poza II de la celda transitoria de Huanuyo, gestionada por la Municipalidad Provincial de San Román, Juliaca. Se utilizó un diseño de investigación no experimental de tipo descriptivo transversal. El área de estudio fue la celda, con una extensión de 750 m<sup>2</sup>. Los resultados de los análisis fueron los siguientes. Parámetros Fisicoquímicos: pH: 7.93, Conductividad eléctrica: 26.02 mS/cm, lo que indica una alta concentración de sólidos disueltos, Temperatura: 14.11 °C en promedio, Sólidos disueltos: 13.01 g/L en promedio, Nitrógeno amoniacal: 116.5 mg/L en promedio, Oxígeno disuelto (OD): 1.05 mg/L en promedio, Sólidos totales en suspensión (STS): 0.67 g/L en promedio, Demanda química de oxígeno (DQO): 41,653 mg/L en promedio, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>): 16,661 mg/L en promedio, Metales Pesados: Plomo: La concentración promedio fue de 0.000915 mg/L, valor muy por debajo de los límites permitidos, Cromo: La concentración promedio fue de 0.0192 mg/L, también por debajo de los límites, Mercurio: Se detectó ausencia de mercurio, lo cual es un hallazgo positivo, ya que este metal es altamente tóxico para la salud y el medio ambiente. Parámetros Microbiológicos: Coliformes termotolerantes:

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

**TESIS**

**CONTAMINANTES DEL LIXIVIADO DE TIPO I EN LA POZA II DE “CELDA  
TRANSITORIA DE HUANUYO” DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN  
ROMÁN - JULIACA 2023**

**PRESENTADA POR:**

**MELECIO JAPURA CHACHAQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:   
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

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, 30 de octubre del 2025.

## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi amada esposa Mariela Romero Perez por su esfuerzo y comprensión por darme ese apoyo moral en mi formación profesional para nuestro futuro y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos muy difíciles siempre ha estado brindándome su cariño y amor.

A mis hijos Jhon Jeisson, Cristhian Derly, Ruth Mirian y Jhandy Kiara por ser fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depara un futuro mejor.

A mi padre (+) y a mi madre quien con su palabra de aliento no me dejaba decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías, tristezas y a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome para que este sueño se haga realidad.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Privada San Carlos de Puno por haberme aceptado parte de ella y abierta las puertas de su seno científico para brindarme la oportunidad de avanzar poder en mi carrera profesional.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental departamento que por su constante apoyo. su fe en mis habilidades y su disposición para ayudarme han sido fundamentales para la finalización de esta tesis.

Agradezco a mi asesor de tesis al Dr. Esteban León por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme todo el desarrollo de la tesis.

## ÍNDICE GENERAL

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

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>12</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL:	13
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	13
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>13</b>
1.2.1. INTERNACIONAL	13
1.2.2. NACIONAL	15
1.2.3. LOCAL	17
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>20</b>
2.1.1. LIXIVIADOS ORIGINADOS POR LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	20
2.1.2. LIXIVIADOS.	22
2.1.3. EDAD DEL LIXIVIADO DE LA TRINCHERA II EN CELDA TRANSITORIA DE HUANUYO SEGÚN EL FACTOR LIXIVIADO.	23
2.1.4. ASPECTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL LIXIVIADO	24
2.1.5. COLOR Y OLOR	24
2.1.6. PH	24
2.1.7. NITRÓGENO AMONIACAL:	25
2.1.8. METALES PESADOS:	25
2.1.9. TURBIDEZ.	25
2.1.10. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.	25
2.1.11. OXÍGENO DISUELTO:	26
2.1.12. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DQO.	26
2.1.13. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS TDS.	26
2.1.14. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN.	27
2.1.15. OPERACIONES FÍSICO QUÍMICO.	27
2.1.16. OPERACIONES BIOLÓGICAS.	28
2.1.17. ELEMENTOS CONTAMINANTES	28
2.1.18. LIXIVIADO TIPO I:	28
<b>2.2. MARCO NORMATIVO</b>	<b>29</b>
<b>2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>30</b>
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	30
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	30

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>31</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>34</b>
3.2.1. POBLACIÓN	34
3.2.2. MUESTRA	34
<b>3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS</b>	<b>35</b>
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	35
3.3.3. MÉTODO	35
3.3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	35
3.3.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36
<b>3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE</b>	<b>37</b>
<b>3.5. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>37</b>
3.5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01	37
<b>3.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02</b>	<b>38</b>

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

<b>4.1. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 01</b>	<b>40</b>
<b>4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>57</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>59</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01:</b> Características físicos del lixiviado	40
<b>Tabla 02:</b> Parámetro pH	41
<b>Tabla 03:</b> Parámetro Conductividad eléctrica	41
<b>Tabla 04:</b> Parámetro turbidez	42
<b>Tabla 05:</b> Parámetro temperatura	43
<b>Tabla 06:</b> Sólidos disueltos totales	44
<b>Tabla 07:</b> Nitrógeno Amoniacal	45
<b>Tabla 08:</b> Oxígeno Disuelto	46
<b>Tabla 09:</b> Sólidos Totales en Suspensión	47
<b>Tabla 10:</b> Demanda Química de Oxígeno (DQO)	48
<b>Tabla 11:</b> Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	49
<b>Tabla 12:</b> Características de metales pesados	50
<b>Tabla 13:</b> Plomo	51
<b>Tabla 14:</b> Cromo	51
<b>Tabla 15:</b> Mercurio	52
<b>Tabla 16:</b> Características de los microorganismos	53
<b>Tabla 17:</b> Coliformes totales	53
<b>Tabla 18:</b> Coliformes termotolerantes	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01:</b> Área de influencia de los distritos de Juliaca y San Miguel	32
<b>Figura 02:</b> Área de disposición Final de Residuos Sólidos de Juliaca y San Miguel	32
<b>Figura 03:</b> Área de estudio poza II de lixiviado de tipo I	33
<b>Figura 04:</b> Área de estudio puntos para toma muestra de lixiviados	33
<b>Figura 05:</b> Cuadro de pH resultado según análisis de laboratorio	41
<b>Figura 06:</b> Conductividad eléctrica muy alta según análisis	42
<b>Figura 07:</b> Turbidez que contiene gran carga de sólidos suspendidos	43
<b>Figura 08:</b> Temperatura del lixiviado es ligeramente superior a la temperatura ambiente	44
<b>Figura 09:</b> STD, extremadamente alto y dentro del rango para lixiviados	45
<b>Figura 10:</b> Nitrógeno amoniacal muy alto.	46
<b>Figura 11:</b> Oxígeno Disuelto de muy bajo nivel	47
<b>Figura 12:</b> Los STS tienen una carga sólida considerable.	48
<b>Figura 13:</b> El DQO, es extremadamente con alto el valor de contaminado	49
<b>Figura 14:</b> DBO, en fase activa de degradación	50
<b>Figura 15:</b> Plomo que no representa un riesgo inmediato	51
<b>Figura 16:</b> El metal Cromo su concentración está por debajo de límites estrictos para aguas superficiales.	52
<b>Figura 17:</b> El mercurio se encuentra ausente según análisis de laboratorio.	53
<b>Figura 18:</b> El lixiviado se encuentra con alta contaminación bacteriológica	54
<b>Figura 19:</b> Los Coliformes termotolerantes en lixiviado son altísimos	55
<b>Figura 20:</b> Ubicación de poza lixiviado II	70
<b>Figura 21:</b> Ubicación de punto 01 en poza de lixiviado II	70
<b>Figura 22:</b> Ubicación de punto 02 en poza de lixiviado II	71
<b>Figura 23:</b> Ubicación de punto 03 en poza de lixiviado II	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de Consistencia	65
<b>Anexo 02:</b> Instrumentos de visualización para obtener datos	66
<b>Anexo 03:</b> Geo Referencia del área de estudio	70
<b>Anexo 04:</b> Certificado De Análisis Físico-Químico y Biológico	72

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar los elementos contaminantes del lixiviado de Tipo I en la poza II de la celda transitoria de Huanuyo, gestionada por la Municipalidad Provincial de San Román, Juliaca. Se utilizó un diseño de investigación no experimental de tipo descriptivo transversal. El área de estudio fue la celda, con una extensión de 750 m<sup>2</sup>. Los resultados de los análisis fueron los siguientes. Parámetros Fisicoquímicos: pH: 7.93, Conductividad eléctrica: 26.02 mS/cm, lo que indica una alta concentración de sólidos disueltos, Temperatura: 14.11 °C en promedio, Sólidos disueltos: 13.01 g/L en promedio, Nitrógeno amoniacal: 116.5 mg/L en promedio, Oxígeno disuelto (OD): 1.05 mg/L en promedio, Sólidos totales en suspensión (STS): 0.67 g/L en promedio, Demanda química de oxígeno (DQO): 41,653 mg/L en promedio, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>): 16,661 mg/L en promedio, Metales Pesados: Plomo: La concentración promedio fue de 0.000915 mg/L, valor muy por debajo de los límites permitidos, Cromo: La concentración promedio fue de 0.0192 mg/L, también por debajo de los límites, Mercurio: Se detectó ausencia de mercurio, lo cual es un hallazgo positivo, ya que este metal es altamente tóxico para la salud y el medio ambiente. Parámetros Microbiológicos: Coliformes termotolerantes: Se encontraron valores superiores a 3000 NMP/100 mL, lo que indica un nivel de contaminación fecal severa y alarmantemente alto. Conclusión: Los resultados demuestran que el lixiviado en la celda transitoria de Huanuyo contiene elementos contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos que superan los límites establecidos por las normativas, lo que representa un riesgo ambiental y sanitario.

**Palabras Clave:** Fisicoquímicos, Lixiviados, Metales pesados, Microbiológico

## ABSTRACT

The objective of this study was to determine the contaminant elements in the Type I leachate in lagoon II of the Huanuyo temporary landfill, managed by the San Román Provincial Municipality of Juliaca. A non-experimental, descriptive, cross-sectional research design was used. The study area was the landfill itself, with an area of 750 m<sup>2</sup>. The results of the analyses were as follows: Physicochemical Parameters: pH: 7.93, Electrical conductivity: 26.02 mS/cm, indicating a high concentration of dissolved solids, Temperature: 14.11 °C on average, Dissolved solids: 13.01 g/L on average, Ammonia nitrogen: 116.5 mg/L on average, Dissolved oxygen (DO): 1.05 mg/L on average, Total suspended solids (TSS): 0.67 g/L on average, Chemical oxygen demand (COD): 41,653 mg/L on average, Biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>): 16,661 mg/L on average, Heavy Metals: Lead: The average concentration was 0.000915 mg/L, a value well below the permitted limits, Chromium: The average concentration was 0.0192 mg/L, also below the limits, Mercury: No mercury was detected, which is a positive finding, as this metal is highly toxic to health and the environment. Microbiological Parameters: Thermotolerant coliforms: Values higher than 3000 MPN/100 mL were found, indicating a severe and alarmingly high level of fecal contamination. Conclusion: The results demonstrate that the leachate in the Huanuyo temporary landfill contains physicochemical and microbiological contaminants that exceed the limits established by regulations, representing an environmental and health risk.

**Keywords:** Physicochemicals, Leachate, Heavy metals, Microbiological

## INTRODUCCIÓN

La gestión inadecuada de residuos sólidos urbanos representa una amenaza creciente para el medio ambiente y la salud pública, especialmente en zonas con infraestructura limitada o transitoria para su disposición final. En este contexto, las celdas transitorias como la de Huanuyo, ubicada en la jurisdicción de la Municipalidad Provincial de San Román – Juliaca, cumplen una función provisional pero crítica en el manejo de residuos. Sin embargo, uno de los principales problemas ambientales asociados a estos sistemas es la generación de lixiviados, líquidos altamente contaminantes resultantes de la descomposición de los residuos y de la infiltración de agua a través de ellos. La poza II de la celda transitoria de Huanuyo ha sido identificada como un punto clave para el estudio de estos lixiviados, especialmente aquellos clasificados como de Tipo I, debido a su potencial para contener compuestos orgánicos e inorgánicos de alta toxicidad. Determinar los elementos contaminantes presentes en estos lixiviados es fundamental para evaluar su impacto en el suelo, aguas subterráneas y superficiales, así como para proponer medidas de mitigación eficaces. Por ello, el presente estudio busca identificar y caracterizar los principales contaminantes que componen el lixiviado de Tipo I en dicha poza, como base para una mejor toma de decisiones ambientales y de salud pública en la región. El presente estudio contiene los siguientes capítulos: Capítulo I: Planteamiento del problema, Antecedentes, y objetivos de la investigación; Capítulo II: Marco teórico, conceptual, e Hipótesis de la investigación; Capítulo III: Metodología de la investigación; Capítulo IV: Exposición y análisis de los resultados, Conclusiones, Recomendaciones y anexos

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A nivel internacional, la contaminación por lixiviados provenientes de los rellenos sanitarios y celdas transitorias constituye una de las principales preocupaciones ambientales debido a su potencial impacto en los cuerpos de agua, suelos y la salud humana. En países en desarrollo, donde el crecimiento urbano ha superado la capacidad de los sistemas de gestión de residuos, este problema se agrava. La presencia de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y nutrientes en los lixiviados sin tratamiento adecuado ha sido documentada por organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), alertando sobre su impacto acumulativo en ecosistemas y poblaciones vulnerables.

A nivel nacional, el Perú enfrenta serias dificultades en la gestión sostenible de sus residuos sólidos. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM), una gran proporción de los residuos generados no es dispuesta en rellenos sanitarios adecuados, y muchas municipalidades recurren a celdas transitorias o botaderos informales. Esto ha llevado a la proliferación de lixiviados contaminantes, los cuales, al no ser tratados ni controlados, generan contaminación de fuentes de agua potable y suelos agrícolas. La normativa ambiental peruana exige la caracterización y el tratamiento de estos líquidos, pero en la práctica su cumplimiento es limitado por falta de recursos técnicos, económicos y de fiscalización.

A nivel local, la situación en la celda transitoria de Huanuyo, ubicada en la jurisdicción de la Municipalidad Provincial de San Román – Juliaca, es un ejemplo representativo de esta problemática. La generación de lixiviado de Tipo I en la poza II de dicha celda plantea serios riesgos para el medio ambiente y la salud de la población circundante, especialmente considerando que Juliaca presenta alta densidad poblacional y un crecimiento urbano acelerado sin la infraestructura adecuada para el tratamiento de residuos. La ausencia de estudios específicos que identifiquen los elementos contaminantes presentes en este lixiviado impide conocer su real impacto y dificulta la implementación de estrategias efectivas de mitigación y control.

Por tanto, surge la necesidad de investigar qué elementos contaminantes componen el lixiviado de Tipo I en la poza II de la celda transitoria de Huanuyo, con el fin de generar información científica que permita tomar decisiones fundamentadas en la gestión de residuos sólidos en la región.

#### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL:**

¿Qué elementos contaminantes compone el lixiviado de Tipo I, en la poza II de “celda transitoria de Huanuyo” de la Municipalidad Provincial San Román Juliaca 2023?

#### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿En la poza II de lixiviados de celda transitoria de disposición final de residuos sólidos de Huanuyo, contendrán elementos físico químicos ?
- ¿En la poza II de lixiviados de la celda transitoria de disposición de residuos sólidos de Huanuyo, contendrán microorganismos ?

### **1.2. ANTECEDENTES**

#### **1.2.1. INTERNACIONAL**

Cerquera & Cerón (2021) indican que, “ el tratamiento adecuado de los lixiviados es crucial tanto para la preservación ambiental como para el bienestar humano. En el mundo actual existen numerosos factores y métodos de tratamiento destinados a clarificar y reducir el nivel de contaminantes que se encuentran en este líquido. Sin embargo, si no se manejan adecuadamente, los lixiviados pueden dar lugar a problemas importantes que

suponen una amenaza para la salud humana. Estos problemas se manifiestan en forma de diversas enfermedades que pueden contraerse mediante la exposición al agua contaminada. Además, la fuente de agua que recibe estos vertidos líquidos también sufrirá efectos adversos, impactando la biota acuática y alterando las propiedades fisicoquímicas de los suelos circundantes.

López (2022) menciona que, en la hidrocuenca del Lago Atitlán en Guatemala, específicamente en el departamento de Sololá y el municipio de San Pedro, se construyó en 2016 un nuevo vertedero para la disposición de residuos sólidos tanto orgánicos como inorgánicos. Sin embargo, aún se desconocen las características del lixiviado generado en este vertedero, lo que presenta un desafío importante en términos de implementar métodos de tratamiento adecuados y adquirir los productos químicos necesarios. Para abordar este tema se realizó un estudio de investigación con el objetivo principal de evaluar el comportamiento del lixiviado resultante de la descomposición de la materia orgánica e inorgánica dispuesta. Para lograr resultados más precisos, se realizaron análisis de laboratorio tanto en la temporada seca como en la lluviosa, abarcando trece parámetros diferentes que incluyeron aspectos físicos y químicos. Además, durante todo el estudio se midió cuidadosamente el volumen de lixiviado producido. El estudio se centró en establecer la correlación entre las propiedades fisicoquímicas del lixiviado y la lluvia que ingresa al vertedero, el cual queda expuesto a la intemperie. Se encontró que ciertos parámetros, como el cromo, mostraron un aumento durante la temporada de invierno, alcanzando un valor máximo de 4,56 mg/l frente al máximo de verano de 1,94 mg/l. Este patrón se observó en ocho parámetros analizados, incluida la demanda química de oxígeno, nitrógeno amónico, fósforo total, otros fosfatos, alcalinidad, potasio, sodio y cromo. Con base en los datos recolectados se determinó que el lixiviado se encuentra en su etapa inicial debido a sus características específicas. Los hallazgos de este estudio servirán como una referencia valiosa para futuros proyectos de rellenos sanitarios que generen lixiviados en la Cuenca del Lago Atitlán.

Ramires (2022), señala que en el año de 1988 se inauguró el relleno sanitario de nombre Doña Juana (RSDJ), después de su construcción el único disposición final existente en toda la ciudad de Bogotá; tras pasar de los años y con acumulación de toneladas de basura enterrada, se tenían expectativas sobre la creación del Relleno Sanitario Doña Juana con capacidad de dar solución a la disposición y se tenía la esperanza de reverdecer las áreas aledañas, sin embargo, no hubo tal reverdecimiento de las áreas circundantes sino un paisaje tóxico con nuevos residuos peligrosos como: lixiviados y gases de metano, a su vez se noto áreas devastadas, de tierras naturales y adyacentes, zonas de agricultura, dejando todos estos espacios convertidos en depósitos de basura. Huisa et al., (2022), el estudio de este proyecto tiene como objetivo analizar los procesos involucrados en la operación y descarga de lixiviados, considerando factores como el crecimiento poblacional, el cumplimiento regulatorio y los riesgos potenciales para la sociedad y los ecosistemas. El análisis busca identificar alternativas tecnológicas amigables con el medio ambiente que puedan implementarse en los vertederos para mejorar los procesos. Los sitios de disposición final, causan problemas que afectan al suelo, al agua y al aire; la capa vegetal original de la zona desaparece, hay una erosión del suelo, contamina a la atmósfera con materiales inertes y microorganismos. Con el tiempo, alguna parte de ellos se irá descomponiendo y darán lugar a nuevos componentes químicos que provocarán la contaminación del medio, provocando que el suelo pierda muchas propiedades originales, como su textura, porosidad, permeabilidad, intercambio catiónico, concentración de macro y micronutrientes.

### **1.2.2. NACIONAL**

Huarcaya & Cierro (2020), el objetivo principal de este estudio fue reducir el contenido orgánico de un lixiviado de 10 años mediante un proceso de oxidación avanzado que incorpora tres elementos químicos clave:  $H_2O_2/UV/TiO_2$ . Este proceso se llevó a cabo en un reactor de anillo fotocatalítico ubicado en el relleno sanitario de la Municipalidad Provincial de Concepción. El objetivo era investigar la degradación de la carga orgánica aprovechando la energía solar y convirtiéndola en energía química. El catalizador

utilizado fue dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), mientras que el peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) actuó como oxidante y una lámpara UV proporcionó la radiación necesaria. Para optimizar el proceso de degradación se creó una tabla de diseño estadístico, que incluyó tres factores: concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , nivel de pH y tiempo de operación del equipo. Cada factor tenía cinco niveles diferentes:  $\text{H}_2\text{O}_2$  (2600, 2800, 3000, 3500 y 4400 mg/L), pH (2,6, 2,8, 3, 3,2 y 3,36) y tiempo (11, 15, 20, 25 y 29 minutos). Al emplear el método de respuesta superficial, los investigadores pudieron determinar los parámetros óptimos para degradar el lixiviado maduro. Estos parámetros fueron los siguientes: concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 2600 mg/L, nivel de pH de 3,3 y una duración de tiempo de 20 minutos. El flujo de fluido dentro del reactor exhibió una velocidad uniforme, lo que garantiza un rendimiento constante. La distribución de radiación máxima registrada fue de 278 W/m<sup>2</sup>, mientras que la mínima fue de 2W/m<sup>2</sup>.

Suero (2022) se construyó en la planta piloto de humedal en Anta Cusco evaluó la eficacia del uso de humedales para el tratamiento de lixiviados del proceso de compostaje de residuos orgánicos en el relleno sanitario de Chacán Cusco. Los compostadores, que producen lixiviados que contienen una alta concentración de materia orgánica, generaron una Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) promedio de 3359,62 mg/l. Durante la temporada de lluvias el flujo de lixiviados aumentó. Para preservar y optimizar la capacidad de los humedales para tratar el lixiviado, fue necesaria una dilución 1:5 del lixiviado para evitar la muerte de las plantas acuáticas. El humedal piloto se construyó utilizando una combinación del Sistema Europeo, concretamente de Francia, y un humedal horizontal. Este diseño logró una eficiencia de remoción promedio de 86.46% para DBO<sub>5</sub>, 88.90% para Demanda Química de Oxígeno (DQO), 94.10% para Sólidos Suspendidos Totales (SST) y 98.25% para coliformes fecales. Sobre la base de los resultados exitosos del piloto, se desarrolló un plan integral para el tratamiento a gran escala de los lixiviados del proceso de compostaje en vertederos. Este plan abarca una superficie de 1.495,5 m<sup>2</sup>, lo que representa el 3,5% de la superficie total del vertedero de Anta.

Aranda et al. (2022), es un hecho conocido que los residuos sólidos urbanos (RSU) a menudo se mezclan con residuos industriales peligrosos, incluidos botes de pintura, envases de pesticidas, fungicidas, herbicidas y otros materiales similares. Esta mezcla representa una amenaza importante ya que causa daños y contaminación tanto al suelo como a los cuerpos de agua mediante la liberación de elementos químicos. El lixiviado resultante de esta mezcla presenta una amplia gama de variaciones, principalmente debido a la presencia de altos niveles de compuestos orgánicos, sólidos disueltos y microorganismos patógenos como coliformes totales y fecales. Al reconocer el daño potencial causado por estas sustancias, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) clasifica los metales pesados, pesticidas y otras sustancias químicas relacionadas como contaminantes de los acuíferos debido a su alta movilidad, persistencia y toxicidad. Además, estas sustancias tienen un impacto duradero en los sistemas hidráulicos, como lagos y canales de riego, y no pueden descomponerse fácilmente debido a sus propiedades fisicoquímicas y su resistencia a la biodegradación.

### **1.2.3. LOCAL**

Quispe (2020), el ingreso de residuos sólidos orgánicos a un estado de putrefacción da como resultado la transformación de su humedad en un líquido altamente ácido. Este líquido, que contiene diversos elementos como hierro, zinc, níquel, cobre y cloruros, penetra a través de los desechos y se filtra gradualmente en el suelo hasta llegar finalmente al agua subterránea. La generación de este líquido ácido está influenciada por factores como las precipitaciones, las características del vertedero, la presencia de especies vegetales cercanas y el nivel de luz solar, que incide en la evapotranspiración.

En su estudio titulado “Determinación de los factores físico-químicos en la fuente de agua impactada por lixiviados de residuos sólidos en el botadero de Chilla Juliaca”,

Gomez (2023) tuvo como objetivo determinar los factores físico-químicos presentes en la fuente de agua afectada por lixiviados del basurero de Chilla en Juliaca. El investigador comparó los resultados de estos parámetros con los Límites Máximos Permisibles (LMP). Se encontró que el nivel de pH era de 7,5, superando el LMP. Además, los niveles de

DBO, DQO y SST también superaron el LMP, mientras que el nivel de Hg estuvo por debajo del LMP (0,1). Las concentraciones de As (4.1), Cu (1.044), Faith (305.05) y Zn (8.8755) superaron el LMP (0.1) en el primer punto de monitoreo. El estudio también reveló fuertes correlaciones entre ciertos parámetros, como DQO y DBO (0,998), Hg y DBO (0,997), Hg y DQO (1,000), As y DBO (0,999), As y DQO (0,999), As y Hg. (0,999), Zn y DBO (1,000), Zn y DQO (0,999), Zn y Hg (0,999), y n y A (1,000). En conclusión, el estudio identificó variaciones en las concentraciones de los parámetros evaluados en los cuatro puntos de monitoreo del botadero de Chilla.

Ticona et al. (2020), el botadero de desechos sólidos de la ciudad de Puno opera sin supervisión técnica alguna, situado cerca de cuerpos de agua y drenajes naturales. Esta falta de supervisión se debe a la indiferencia y negligencia de las autoridades responsables. La ausencia de especialistas en control sanitario ha resultado en el deterioro de la calidad del aire, el agua y el suelo. El medio ambiente sufre la liberación de gases y líquidos lixiviados, así como la quema de residuos que dispersan el humo a través del viento, provocando polvo y olores desagradables. En consecuencia, se puede hipotetizar que el vertedero de residuos sólidos genera importantes efectos nocivos tanto en el suelo como en el agua. En concreto, los niveles de contaminación del vertedero provocan la degradación del suelo, mientras que las precipitaciones juegan un papel en la generación de lixiviados que contaminan las fuentes de agua. El principal objetivo de este estudio es evaluar los impactos ambientales causados por el vertedero de residuos sólidos en el suelo y el agua. Los objetivos específicos incluyen determinar el alcance y la gravedad de la contaminación del suelo resultante del vertedero y evaluar la influencia de las precipitaciones en la producción de lixiviados del vertedero

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar los elementos contaminantes del lixiviado de Tipo I, en la poza II de “celda transitoria de Huanuyo” de la Municipalidad Provincial

San Román Juliaca 2023

### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros físico químicos del lixiviado joven en la poza II de Huanuyo.
- Determinar los microorganismos del lixiviado joven en la poza II de Huanuyo

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. LIXIVIADOS ORIGINADOS POR LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Perú revisó recientemente su Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que define residuo sólido como cualquier material, objeto o compuesto resultante del uso o consumo de un producto, o residuo generado en actividades específicas que el productor o generador se propone disponer o eliminar. La ley enfatiza la importancia de priorizar la valorización de los residuos y, en última instancia, su disposición final en contenedores adecuados. Los residuos se clasifican en dos tipos: Residuos Sólidos Municipales, que incluyen los residuos de los hogares, espacios públicos y servicios de limpieza pública, y Residuos Sólidos No Municipales, que engloban los residuos generados por actividades extractivas, productivas y de servicios (D. L. 1278)

En los residuos sólidos urbanos desechados por la población pueden encontrarse una variedad de materiales desechables que deben conocerse las características de diferentes objetos para manejar correctamente. A través de la evolución de la sociedad y de la tecnología la misma sociedad ha dado pasos importantes en el cambio de producto consumibles procedentes de envases, embalajes y otros similares distintos a los del uso tradicional, se haya dado cambios de otro tipo de residuo sólidos provenientes de los envases y otros similares. De la misma manera los residuos orgánicos, restos de comida, jardinería y otros materiales fermentables constituyen el principal componente de los residuos, estos residuos podrían disminuir en las sociedades más conscientes en el cuidado del medio ambiente a través de sensibilización y segregación . La selección y

recojo de papeles, cartones, periódicos, cajas y envases. En los últimos años hubo un incremento y queda en expansión los plásticos, botellas y envases para líquidos, envases y embalajes, en este grupo se agrupan diferentes polímeros como: Poli cloruro de vinilo, polietileno tereftalato, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, polipropileno y poliestireno. El reciclaje de los plásticos aún no lo toman con mayor interés, de igual modo los otros componentes como: Maderas, cenizas, textiles, goma, latas metálicas, etc. Ambientum, (2022)

En años anteriores, los municipios practicaban habitualmente la eliminación de residuos sólidos en lugares al aire libre, a menudo situados en zonas bajas cerca de fuentes de agua. Esto provoca contaminación, olores desagradables, presencia de plagas como ratas y moscas, además de basura esparcida por el viento. Para abordar estos problemas, enterrar los residuos se convirtió en el método preferido, aunque la mejora más significativa proviene de compactarse y cubrirlos con capas de tierra al final de las operaciones de cada día. Sin embargo, estos sitios carecen de una cubierta impermeable o de sistemas de ingeniería para evitar el movimiento de contaminantes hacia el nivel freático, lo que representa un riesgo de contaminación del suelo y del nivel freático. Esto, a su vez, puede tener efectos adversos en los sistemas naturales y afectar indirectamente a la salud humana. Aparicio Saavedra, (2021)

La liberación incontrolada de lixiviados al medio ambiente representa una amenaza importante debido a su naturaleza tóxica, por lo que es imperativo encontrar soluciones sostenibles de gestión de residuos que consideren factores tanto económicos como ambientales. Un enfoque potencial es la implementación de técnicas de remediación del suelo utilizando diversas especies de plantas. Los árboles, incluidos los montes bajos de rotación corta, así como los pastizales, han demostrado ser exitosos en la fitorremediación de lixiviados en muchos casos. Sin embargo, ha habido casos en los que los esfuerzos de fitorremediación han sido insuficientes, a menudo debido a la aplicación excesiva de lixiviados y a una gestión inadecuada como resultado de una falta de comprensión sobre las interacciones planta-suelo. Aparicio Saavedra, (2021)

El impacto negativo más significativo de los lixiviados en los vertederos son la contaminación a las aguas superficiales como; (ríos, lagos, lagunas, quebradas, océanos) y aguas subterráneas (pozos, manantiales), por lo que constituye un peligro para el ecosistema silvestre y salud humana, la contaminación de aguas superficiales ocurre por la escorrentía de lixiviados provenientes de los sitios de disposición final de residuos sin tratamiento y falta de control de un especialista, mientras que la contaminación de aguas subterráneas ocurre por percolación, infiltración, escorrentía, migración directa de los lixiviados a través del suelo que se encuentra por debajo de la masa de residuos y el intercambio entre acuíferos. La contaminación de las aguas se manifiesta por la carga de materia orgánica y sustancias tóxicas. Cisneros et al. (2021)

### **2.1.2. LIXIVIADOS.**

Los lixiviados son subproductos de la operación normal de rellenos sanitarios, que pueden contener una amplia diversidad de contaminantes; las prácticas tradicionales de manejo de los rellenos sanitarios se basan, principalmente, en la caracterización físico-química, debido a su relación con la toxicidad. En el presente estudio, se analizó la influencia de la edad de los lixiviados de celdas de rellenos sanitarios y un vertedero sobre las características físico-químicas y su potencial toxicidad. En general, la composición de los lixiviados depende de la edad de la celda en la que se originan, encontrándose mayores concentraciones en los lixiviados más jóvenes, en los cuales, la mayoría de mediciones están asociadas con las variables indicadoras de materia orgánica y sólidos; en los lixiviados de mayor edad, las concentraciones medidas y la relación entre las variables disminuyen, siendo necesario caracterizar un mayor número de variables. Torres et al, (2014)

El lixiviado es un líquido que se forma por la desintegración de los residuos orgánicos e inorgánicos más el agua que se filtra a través de ellos en el botadero, es considerado muy tóxico; que origina daños al medio ambiente, de la misma manera la eliminación del lixiviado sin tratamiento puede ser una fuente de peligro importante para los cuerpos de aguas cerradas, suele presentar una alta demanda química y bioquímica de oxígeno y,

por lo común a veces contiene amonio, metales pesados, en tanto la calidad del lixiviado cambia gradualmente por la composición de los residuos, con olores desagradables; eventualmente estos contaminantes son transportados a través del lixiviado dispersándose en el agua de diversas fuentes hídricas, y una parte puede ser adsorbido por los sedimentos y contaminar el agua subterránea, así mismo una acumulación en los organismos vivos y comunidades circundantes; con la posibilidad de originar rutas del lixiviado afectando al ambiente y población humana. Aparicio Saavedra, (2021)

Los lixiviados contienen microorganismos y sustancias orgánicas e inorgánicas como los metales pesados, estos últimos pueden encontrarse disueltos o en mayor proporción formando coloides liofílicos o liofóbicos; pues los lixiviados constituyen un factor de riesgo sanitario, ya que pueden contaminar suelos, aguas superficiales y/o subterráneas Gomez Quispe, (2023)

### **2.1.3. EDAD DEL LIXIVIADO DE LA TRINCHERA II EN CELDA TRANSITORIA DE HUANUYO SEGÚN EL FACTOR LIXIVIADO.**

Los lixiviados que se originan en vertederos recientemente llenados son particularmente dañinos para el medio ambiente debido a sus altos niveles de materia orgánica biodegradable. A medida que pasa el tiempo, la concentración de sustancias en el lixiviado disminuye gradualmente. Sin embargo, ciertos compuestos, como los metales que sufren reacciones de oxidación-reducción, mantienen concentraciones constantes durante todo el proceso de lixiviación. Los vertederos, que funcionan durante largos períodos de tiempo, producen continuamente lixiviados tanto jóvenes como maduros. Una vez que el lixiviado supera la marca de los 5 años, pasa a ser lixiviado viejo. La siguiente tabla describe las características clave de los lixiviados viejos y jóvenes. Liberato Soto, (2020)

Líquido que se acumula en los primeros días o semanas, menores a cinco años, luego de haber sido depositados los residuos en el relleno sanitario. En esta etapa, el lixiviado suele poseer un nivel elevado de concentración de materia orgánica y nutrientes, dando como resultado un líquido muy rico en nutrientes Córdoba et al. (2023)

#### **2.1.4. ASPECTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL LIXIVIADO**

Las propiedades del lixiviado ciertamente dependen de los componentes y la humedad de los desechos, y sus fuentes. Para el lixiviado de los vertederos, entre los factores que influyen en las características del lixiviado, la lluvia es un parámetro dominante. El agua de arrastre ingresa al vertedero y transporta los contaminantes solubles a la fase líquida desde la fase sólida. Simultáneamente, las materias orgánicas en los desechos se descomponen en materias orgánicas solubles (como los ácidos grasos volátiles), que también entran en el lixiviado bajo la acción de microorganismos. El lixiviado no solo tiene una alta concentración de contaminantes orgánicos, sino que también contiene una gran cantidad de ingredientes orgánicos e inorgánicos, así como tóxicos y dañinos.

El lixiviado en los rellenos sanitarios se puede determinar principalmente el pH, DQO, DBO, la relación DBO/DQO, sólidos suspendidos (SS), amoníaco ( $N-NH_3$ ), nitrógeno total Kjeldahl (NTK), metales pesados, compuestos orgánicos: carbohidratos, proteínas, compuestos hidroxilo aromáticos, alcoholes, y ácidos grasos volátiles, con altas concentraciones de nitrógeno amoniacal y sales minerales, que alteran la calidad del suelo en caso de la inexistencia del manejo apropiado del lixiviado. Aparicio Saavedra, (2021)

#### **2.1.5. COLOR Y OLOR**

El color del relleno puede variar desde el marrón anaranjado hasta el marrón oscuro, a menudo acompañado de un olor desagradable. Esto se debe a la descomposición de los ácidos orgánicos, que resultan de la descomposición y alta concentración de materia orgánica. Sin embargo, con el tiempo, el color y el olor oscuros se desvanecerán gradualmente o pasarán a un tono más claro debido al aumento de las precipitaciones. Aparicio Saavedra, (2021)

#### **2.1.6. PH**

La presencia de compuestos ácidos y básicos en el agua conduce a su ionización, lo que resulta en la creación de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) e iones de hidroxilo ( $OH^-$ ). La concentración de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) está determinada por el equilibrio entre estos

iones, con un valor que es 0,0000001 veces el peso de los iones gramos de hidrógeno, expresado en g/L. Los valores de pH suelen oscilar entre 3,7 y 8,9, dependiendo de factores como la antigüedad del vertedero. El lixiviado joven tiene un valor de pH de 5,7 a 8,0, mientras que los lixiviados medianos y viejos tienen valores de pH de 6,4-8,0 y 6,6-8,3, respectivamente. Vale la pena señalar que el pH del lixiviado estabilizado es más alto en comparación con el del lixiviado joven. Aparicio Saavedra, (2021)

#### **2.1.7. NITRÓGENO AMONIACAL:**

El nitrógeno amoniacal en altas concentraciones se encuentra comúnmente en los lixiviados maduros. El proceso de hidrólisis y fermentación de materiales orgánicos nitrogenados plantea un desafío para la eliminación del nitrógeno amoniacal. La mayoría de los vertederos emplean actualmente tecnología anaeróbica, lo que conduce a una mayor acumulación de contaminantes, incluso durante la fase de estabilización. Es posible alcanzar una concentración de  $\text{NH}_3\text{-N}$  de 1000 mg/L cuando el vertedero alcance un estado estable. Liberato Soto, (2020)

#### **2.1.8. METALES PESADOS:**

Mediante una combinación de reacciones físicas y químicas, el lixiviado contiene una variedad de iones de metales pesados, y los metales insolubles de los desechos se transforman en iones metálicos solubles y posteriormente se disuelven en el lixiviado. Liberato Soto, (2020)

#### **2.1.9. TURBIDEZ.**

Es el resultado de sólidos suspendidos en el agua que reducen la transmisión de luz. Estos sólidos suspendidos son variados, así pueden ser arcillas, limos, materia orgánica y plancton y hasta desechos industriales y de drenaje Martinez et al. (2024)

#### **2.1.10. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.**

La presencia de altas concentraciones de estas sales afecta la vida acuática y en el caso del riego afecta a la vida de la planta y a la calidad de los suelos. Depende de la actividad de los tipos de iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida. La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para

transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura de la medición [Martinez et al. \(2024\)](#)

#### **2.1.11. OXÍGENO DISUELTO:**

Tiene gran importancia la existencia de oxígeno disuelto en el agua, procedente de la atmósfera. Por el contrario, la falta de oxígeno en el agua puede sugerir la presencia de contaminación sustancial, condiciones sépticas causadas por sustancias orgánicas o una mayor participación bacteriana. En consecuencia, esta ausencia de oxígeno puede verse como un indicio de contaminación. [Vásquez Chacón, \(2017\)](#)

Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO: El estudio de aguas contaminadas se centra principalmente en la medición del oxígeno disuelto, que es utilizado por los microorganismos durante la oxidación bioquímica de la materia orgánica, lo que lo convierte en el parámetro más estudiado en este campo. [Liberato Soto, \(2020\)](#)

#### **2.1.12. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DQO.**

La reducción de materiales en muestras acuosas es un factor crucial en el tratamiento de lixiviados. El impacto exacto de cada componente en la demanda química general de oxígeno sigue siendo incierto debido a la composición del lixiviado. Por tanto, el estudio de este parámetro es fundamental para comprender las características ambientales y la distribución de cada componente específico. [Liberato Soto, \(2020\)](#)

#### **2.1.13. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS TDS.**

La formación de este estado ocurre cuando está presente una solución uniforme, con los componentes de soluto y solvente existentes en una sola fase debido a la dispersión de las partículas de soluto después de la evaporación de una muestra previamente filtrada. Vale la pena señalar que tanto las partículas de soluto como de disolvente son más pequeñas que un micrómetro. Además, es importante mencionar que los lixiviados de los vertederos pueden contener concentraciones excepcionalmente altas de sólidos disueltos totales, alcanzando potencialmente hasta 50.000 mg.L<sup>-1</sup>, lo que puede plantear desafíos para los métodos de tratamiento biológico. [Vásquez Chacón, \(2017\)](#)

#### **2.1.14. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN.**

La presencia de materia sólida en el lixiviado, conocida como sólidos en suspensión, incluye una combinación de materia orgánica e inorgánica, arcilla y microorganismos. Afortunadamente, el tratamiento de sólidos suspendidos en lixiviados es un proceso más sencillo en comparación con otros componentes. Aparicio Saavedra, (2021)

#### **2.1.15. OPERACIONES FÍSICO QUÍMICO.**

Estos procesos fisicoquímicos se ocupan de la reducción de sólidos en suspensión, crepúsculos coloidales, objetos flotantes, color y compuestos tóxicos, bien sea por flotación, coagulación, floculación, adsorción, oxidación química o separación por aire. Para las operaciones de lixiviados la aplicación de los procesos físico químicos ha sido utilizado en dos etapas de pretratamiento y su posterior purificación, también para remover contaminantes específicos de los lixiviados producto de la degradación de residuos orgánicos e inorgánicos de los vertederos. Bautista, (2018)

La composición de los lixiviados depende del tipo de desecho confinado, del nivel de degradación de los residuos y del volumen producido. En el proceso, no pueden verse separados los líquidos provenientes de procesos de reacción bioquímica y de lixiviación. Todo cambio en la estructura y composición del relleno tiene efecto sobre las corrientes y la acumulación, de tal modo que el agua y los procesos en el relleno son magnitudes que se influyen recíprocamente. Méndez, (2025)

Las operaciones físico químico es práctica común que los sistemas de tratamiento de lixiviados incorporen procesos fisicoquímicos y biológicos (aerobios y/o anaerobios), debido a sus elevadas cargas orgánicas. El tratamiento físico químico, consiste en la eliminación de las partículas suspendidas del líquido por la acción de sustancias denominadas coagulantes (sales metálicas y/o polielectrolitos). Involucra procesos de coagulación, floculación y sedimentación y el elemento fundamental para el éxito de este proceso es determinar el coagulante o la combinación de coagulantes más eficiente que se relacionan necesariamente con las características fisicoquímicas del líquido. Características como la alcalinidad, el pH, la concentración de sólidos suspendidos,

carga eléctrica de las partículas suspendidas y la forma de agregación de estos sólidos son más relevantes que la concentración orgánica total, sobre todo de la fracción soluble. Méndez, (2025)

#### **2.1.16. OPERACIONES BIOLÓGICAS.**

Los lixiviados contienen altísima concentración de materia orgánica diluida en las disposiciones finales. Por lo tanto se requiere de tratamientos que se usan sustancias elaboradas por organismos vivos, esta tecnología clásica se aplica exclusivamente para la remoción de materia orgánica. Quiroz Jiménez, (2020)

#### **2.1.17. ELEMENTOS CONTAMINANTES**

Los lixiviados que se encuentran en botaderos, sitios de disposición final y vertederos contienen una alta concentración de contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos. Estos contaminantes incluyen ácidos húmicos, sustancias orgánicas, nutrientes, metales pesados (PM) y sales inorgánicas que aumentan la conductividad eléctrica. Además, los lixiviados también pueden contener agentes infecciosos que son perjudiciales para el medio ambiente. La presencia de materia orgánica (MO) en los lixiviados influye mucho en la toxicidad de los metales pesados (PM). La interacción entre estas sustancias orgánicas y los metales pesados afecta los niveles de pH. Cuando el pH es ácido, los metales pesados tienden a separarse de los sólidos, pero a medida que aumenta el pH, los metales pesados precipitan, alcanzando un cierto punto antes de solubilizarse nuevamente. En muchos vertederos, los lixiviados se liberan al suelo, donde pueden ser absorbidos por las plantas o filtrarse a los acuíferos, impactando en última instancia en el nivel freático, que sirve como reserva para la población. Los metales pesados (PM) tienen el potencial de ingresar a la cadena alimentaria, causando daños a medida que se acumulan y se biomagnifican a través de niveles tróficos más altos. Berriel et al. (2012)

#### **2.1.18. LIXIVIADO TIPO I:**

Los lixiviados provenientes de rellenos sanitarios, sitios de disposición final o botaderos se clasifican en tres tipos según su edad: Tipo I (joven), Tipo II (intermedio) y Tipo III (viejo). El lixiviado en etapa joven se caracteriza por una alta concentración de

contaminantes y contiene materia orgánica biodegradable (DBO5). A medida que el vertedero envejece, la concentración de DBO5 disminuye debido a la descomposición anaeróbica. Además, estos lixiviados presentan demanda química de oxígeno (DQO), que varía en el tiempo, con un nivel de DQO superior a 1500 mg/l. El pH de los lixiviados jóvenes es inferior a 6,5 y la concentración de nitrógeno (N) amoniacal es inferior a 400 mg/l, los cuales tienden a aumentar con el tiempo. Por el contrario, la concentración de metales en los lixiviados jóvenes es superior a 2 mg/l, pero esta concentración disminuye a medida que el lixiviado envejece. En el caso de los lixiviados viejos, tienen un pH superior a 7,5, DQO inferior a 5000 mg/l, nitrógeno (N) amoniacal superior a 400 mg/l y concentración de metales pesados inferior a 2 mg/l. Cisneros et al. (2021)

## 2.2. MARCO NORMATIVO

- Constitución Política del Perú. Señala en su artículo 2, inciso 22 indica que: "Toda persona natural tiene derecho a: vivir en paz, en la tranquilidad, al disfrute de su tiempo libre y al descanso, a saborear de un ambiente equilibrado sano limpio y adecuado al desarrollo de su vida".sin impedimento alguna Constitución Política del Perú de (1993)
- Ley General del Medio Ambiente N° 28611. La Ley General del Ambiente establece que el Estado fomenta el tratamiento de las aguas residuales con fines de reusar, y reducir efectos contaminantes negativos, considerando como principio la obtención de la calidad requerida para su reuso, sin perjudicar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán. Ley N° 28611 - Ley General Del Medio Ambiente En Perú. En esta Ley no especifica el tratamiento de los lixiviados de los botaderos, disposiciones finales y rellenos sanitarios, cuando estos líquidos son más contaminantes que las aguas residuales.(Ley Gral. del M. A.)
- Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM: ECA para Agua. El presente decreto tiene por objeto consolidar y combinar las normas que avalan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para los diversos usos del agua, apegándose a los lineamientos señalados en este Decreto Supremo y su Anexo. A través de esta consolidación e

integración de normas, se modifican o eliminan ciertos valores, parámetros, categorías y subcategorías del ECA, mientras que otros permanecen intactos tal como fueron aprobados originalmente en los decretos supremos antes mencionados.

MINAM, (2017)

## **2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Los elementos contaminantes del lixiviado de Tipo I, en la poza II de “celda transitoria de Huanuyo, tienen alto contenido de contaminantes

### **2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS**

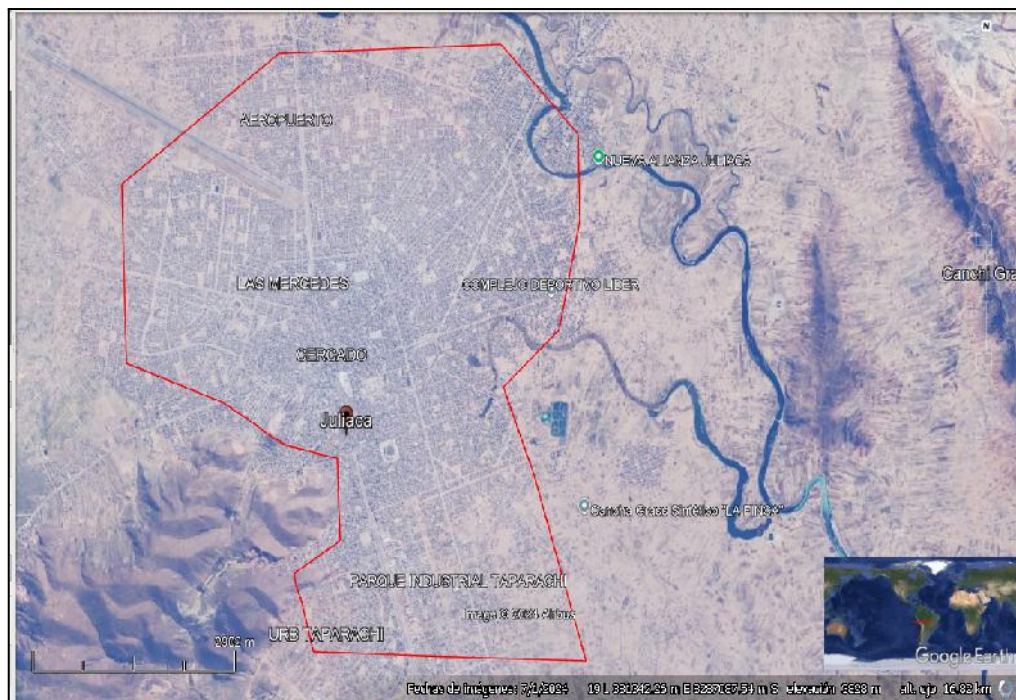
- En la poza II de lixiviado joven de “celda transitoria de Huanuyo” contiene concentraciones de alto grado físico-químico
- En la poza II de lixiviado joven de “celda transitoria de Huanuyo” contiene microorganismos contaminantes

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

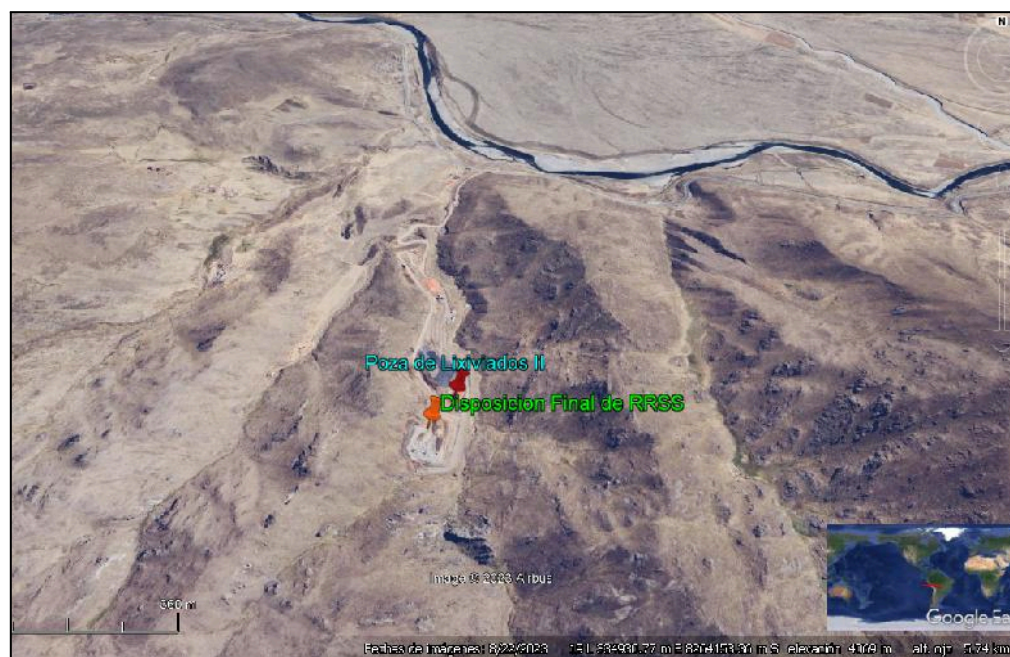
#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

En el distrito de Juliaca y San Miguel, la disposición de los residuos sólidos se deposita en la disposición final de Residuos Sólidos de Huanuyo. que tiene un tiempo de funcionamiento de más de 5 años. El deficiente manejo de residuos sólidos municipales en el área de influencia del sitio de disposición final “de Huanuyo”, despierta la preocupación de los ambientalistas, debido a los riesgos de contaminación de suelo y aguas subterráneas que afectan directa e indirectamente a las poblaciones asentadas en las zonas adyacentes. La población rural ubicada en esta zona de disposición final, realiza actividades productivas de índole agropecuario y muchos de ellos consumen agua de manantial, río y de pozos con agua subterránea, quienes no solamente son afectadas con los malos olores, proliferación de insectos estos defectos en algunas ocasiones, en ocasiones se desplaza plásticos, papel y otros residuos por los fuertes vientos que se registran en el lugar. La disposición final de RRSS a tajo abierto está ubicado en el lugar llamado Huanuyo ubicado entre los distritos de Cabanillas y Santa Lucía en región Puno; cuya ubicación geográfica es: altitud 4062 msnm, latitud sur **Latitud: 15°41'24.21” S longitud: 70°32 '44.55 " O**. La actividad principal de sustento económico y alimentario de las familias en el lugar es, la crianza de animales domésticos como: ovinos, alpacas y vacunos; también en zonas alejadas existen cultivos como: papa, quinua, cañihua y avena forrajera



**Figura 01:** Área de influencia de los distritos de Juliaca y San Miguel

**Fuente:** Google Earth Pro



**Figura 02:** Área de disposición Final de Residuos Sólidos de Juliaca y San Miguel

**Fuente:** Google Earth Pro.



**Figura 03:** Área de estudio poza II de lixiviado de tipo I

**Fuente:** Google Earth Pro.



**Figura 04:** Área de estudio puntos para toma muestra de lixiviados

**Fuente:** Google Earth Pro.

**Coordenadas**

**Punto 1 de Muestreo**

19 L

334352.29 m E

8263890.10 m S

### **Punto 2 de Muestreo**

19 L

334360.58 m E

8263909.15 m S

### **Punto 3 de Muestreo**

19 L

334356.39 m E

8263931.19 mS

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

La población es la poza ii de lixiviado de tipo i de la celda transitoria de residuos sólidos, abarcando un perímetro de 130 ml un área de 750 m<sup>2</sup> situada en la disposición final de residuos sólidos de huanuyo del área de influencia directa de las ciudades de Juliaca y San Miguel de la provincia de San Román.

### **3.2.2. MUESTRA**

Está constituido por un área total de 750 m<sup>2</sup> y de 5,250 m<sup>3</sup> también la muestra, es entendida como un subconjunto limitado de estudio que pertenece a la población. Por eso, en la presente investigación científica se estableció que la muestra de estudio, estuvo conformada por 03 puntos como: el primer punto es por la parte de ingreso del lixiviado a la poza II, el segundo punto en la parte medio de la poza y el tercer punto en la salida del lixiviado de la poza II hacia la poza I. lixiviados de la celda II de disposición final o depósito de residuos sólidos. que constituye área de influencia Disposición final de los Distritos de Juliaca y San Miguel de la Provincia de San Roman Puno. 2023.

### **3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS**

#### **3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

En el presente estudio, se empleó el tipo de Investigación Descriptiva, el cual se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en obtener los valores y porcentajes de elementos contaminantes. buscando únicamente una mejor y más detallada comprensión de los elementos contaminantes existentes identificados en los lixiviados Este tipo de investigación da como resultado la adquisición de nuevos conocimientos y también expansión de los conocimientos científicos existentes en un campo de estudio determinado; en este caso, la Ingeniería Ambiental.

#### **3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

En el presente estudio, se empleó la investigación no experimental, porque esta se caracteriza por la ausencia de manipulación y control de las variables, así como la ausencia de manipulación y control de la muestra. Es decir, el estudio estuvo orientado a la recopilación de datos y describirlos detalladamente para brindar una explicación más precisa del fenómeno problemático observado y de la realidad problemática identificada.

#### **3.3.3. MÉTODO**

El método de investigación que se empleó en el presente trabajo de investigación fue el Hipotético deductivo. Este método consiste en que, a partir de la observación de un fenómeno en concreto y la identificación de elementos contaminantes como en físico químico, en metales pesados y en lo biológico en específico, se establece un conjunto de respuestas provisionales a las preguntas de investigación; es decir hipótesis; las cuales son corroboradas a partir de procedimientos lógico-deductivos.

#### **3.3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se emplearon las siguientes técnicas para recolectar información acerca del fenómeno observado y la problemática identificada.

- Observación directa: técnica que permite recolectar información específica sobre un fenómeno en concreto en un contexto determinado.

- Recolección: técnicas que permiten extraer las muestras que serán analizadas en laboratorio.
- Clasificación: técnica que permite organizar la información para poder sistematizarla.

### **3.3.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se emplearon los siguientes instrumentos para recolectar información acerca del fenómeno observado y la problemática identificada.

- Guía de observación de campo: instrumento que permitió sistematizar los datos que provengan de la observación realizada en campo.
- Cámara fotográfica: instrumento para la recolección de evidencia visual.
- Instrumentos para recolección de muestras de agua: Instrumentos específicos de ingeniería para recolectar muestras, realizar mediciones del lugar de estudio y analizar las muestras.
- Ficha de recolección de datos cuantitativos: Este instrumento permitió sistematizar los resultados que provengan de los análisis en laboratorio realizados a las diferentes muestras.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
	contaminantes		mg/L
<b>Variable Independiente</b>	orgánicos	pH	
		Materia Inorgánica	
	contaminantes inorgánicos	Nitrógeno,	
		Fósforo	
Elementos contaminantes		orgánicos	
		DBO5/DQO	
		Metales pesados	
<b>Variable dependiente:</b>			
Lixiviado tipo I	DQO		
	DBO5/DQO		

### 3.5. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

#### 3.5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01

Determinar la concentración de los parámetros físico químico del lixiviado joven en la poza II de Huanuyo.

Procedimientos de recolección y análisis de datos

Para la recolección de los datos se emplearon los siguientes procedimientos:

- Determinación de los puntos de referencia para la recolección de las muestras.
- Recolección de la muestra de lixiviado de la poza II según procedimientos de ingeniería.
- Recolección de datos descriptivos y visuales según guía de campo.
- Envío de las muestras al laboratorio para los análisis correspondientes.

- Clasificación y sistematización de los resultados de laboratorio empleando la ficha de recolección de datos cuantitativos.

Para el analizar los datos se emplearon los siguientes procedimientos:

- Análisis físico-químico de las muestras en el laboratorio.
- Interpretación de la evidencia descriptiva y visual.
- Análisis estadístico descriptivo de los resultados obtenidos en laboratorio al analizar las muestras recolectadas; a través de gráficos y tablas.

#### Materiales

Los materiales que se utilizan en la investigación son:

- GPS, instalado en el celular.
- 6 Frascos de vidrio transparente (winkler) de un litro.
- Bolsas de polietileno
- Etiqueta y plumón indeleble
- Cinta aislante negro
- Caja de tecnopor.
- jarras de pvc de medida de un litro
- un palo de escoba para sujetar la jarra.

#### 3.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02

Determinar los microorganismos del lixiviado joven en la poza II de Huanuyo.

**Preservación.** Las muestras compuestas deben mantenerse a 4° C, con hielo o un sistema de refrigeración, durante el período de composición. Hacer analizar las muestras lo más rápido posible después de su llegada al laboratorio; si esto no es posible se recomienda, para la mayoría de muestras, almacenamiento a 4° C

**Cadena de custodia:** Proceso por medio del cual se mantiene una muestra bajo posesión física o control durante su ciclo de vida completo, es decir, desde que se toma hasta que se desecha.

**Etiquetado y custodia.** El etiquetado. Las etiquetas facilitan información muy valiosa acerca de la composición, la cantidad, la procedencia, las características o las

condiciones de conservación de los productos. La custodia se ha convertido en un instrumento valioso, tanto así, que gracias a ella se puede llegar al éxito o al fracaso de una investigación.

**Transporte de las muestras.** El transporte de las muestras del lixiviado para su posterior análisis en un laboratorio se debe realizar apenas se hayan obtenido las muestras según puntos indicados. en la disposición final de residuos sólidos de Huanuyo.

**Aseguramiento de la calidad de los resultados.** Los resultados de los análisis del laboratorio debe asegurarse para los estudios fiables y válidos, considerando el uso exclusivo de la estructura interna y control de calidad, el uso de materiales de referencia como certificados y réplicas usando métodos distintos o el mismo método, repetición de análisis, o correlación de diferentes características de un mismo espécimen. Rodríguez et al. (2001)

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 01

Determinar la concentración de los parámetros físico químico del lixiviado joven en la poza II de huanuyo

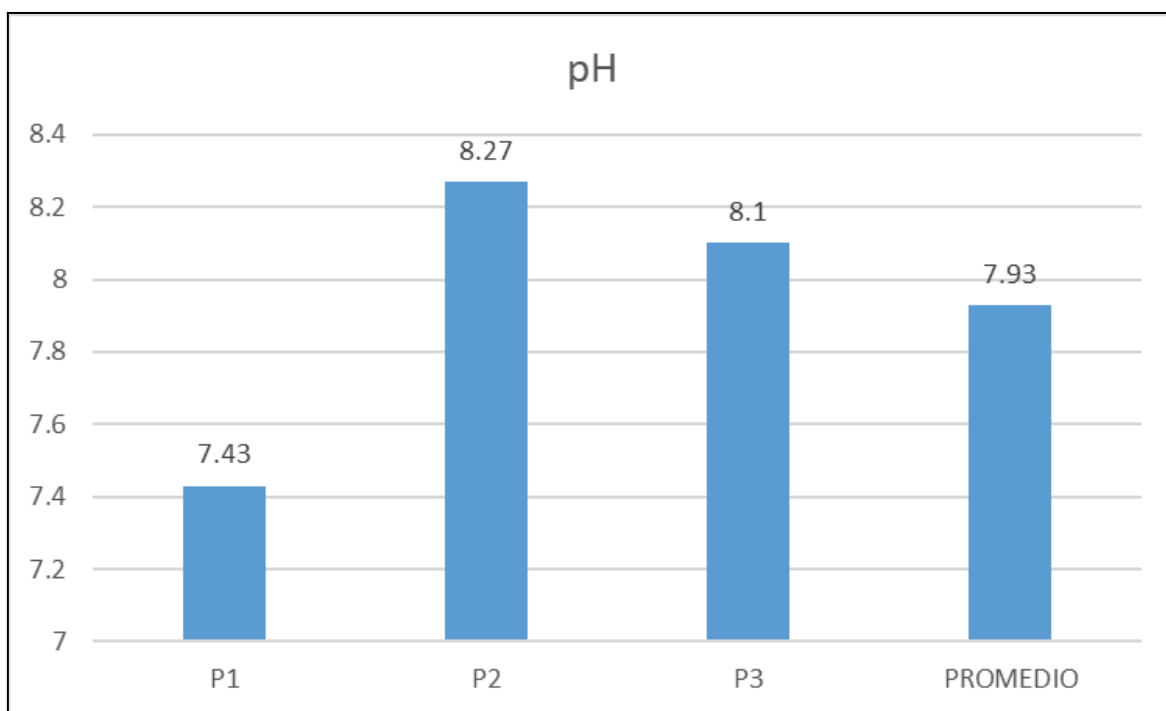
**Tabla 01:** Características físicos del lixiviado

PARÁMETROS	UND	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
pH		7.43	8.27	8.10
CE	( $\mu$ S/cm)	27.38	24.10	26.60
Turbidez	UNT	73.60	72.50	72.10
Temperatura	C°	14.13	14.12	14.10

Según análisis los resultados de promedian para cada elemento: En pH por sí solo nos dice que el lixiviado no está en su etapa inicial de descomposición ácida, sino que ha avanzado hacia una fase más alcalina y, en teoría, más "estabilizada". La conductividad eléctrica (CE) de 26.02 mS/cm (miliSiemens por centímetro) es muy alta comparada con agua potable. Alta turbidez indica que el lixiviado contiene una gran carga de sólidos suspendidos. La temperatura del lixiviado suele ser ligeramente superior a la temperatura ambiente o del suelo circundante.

**Tabla 02:** Parámetro pH

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
pH	7.43	8.27	8.10	7.93

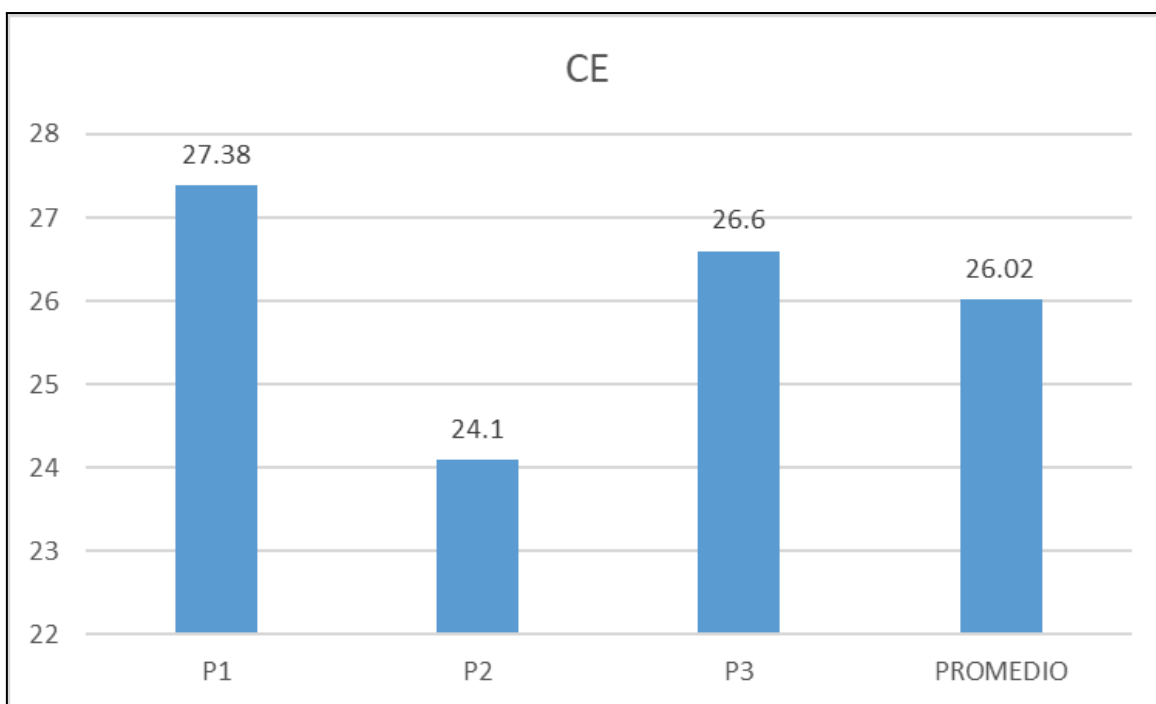


**Figura 05:** Cuadro de pH resultado según análisis de laboratorio

**Interpretación:** el pH por sí solo nos dice que el lixiviado no está en su etapa inicial de descomposición ácida, sino que ha avanzado hacia una fase más alcalina y, en teoría, más "estabilizada" en términos de acidez. Sin embargo, "estabilizado" en pH no significa "no contaminante", ya que todavía puede contener una gran cantidad de otros contaminantes como el amonio, metales pesados y materia orgánica recalcitrante (no biodegradable), (Gomez 2023) encontró el nivel de pH de 7,5 , el cual coincide con una diferencia de 0.43. **Se encontró que**

**Tabla 03:** Parámetro Conductividad eléctrica

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
CE	27.38	24.10	26.60	26.02

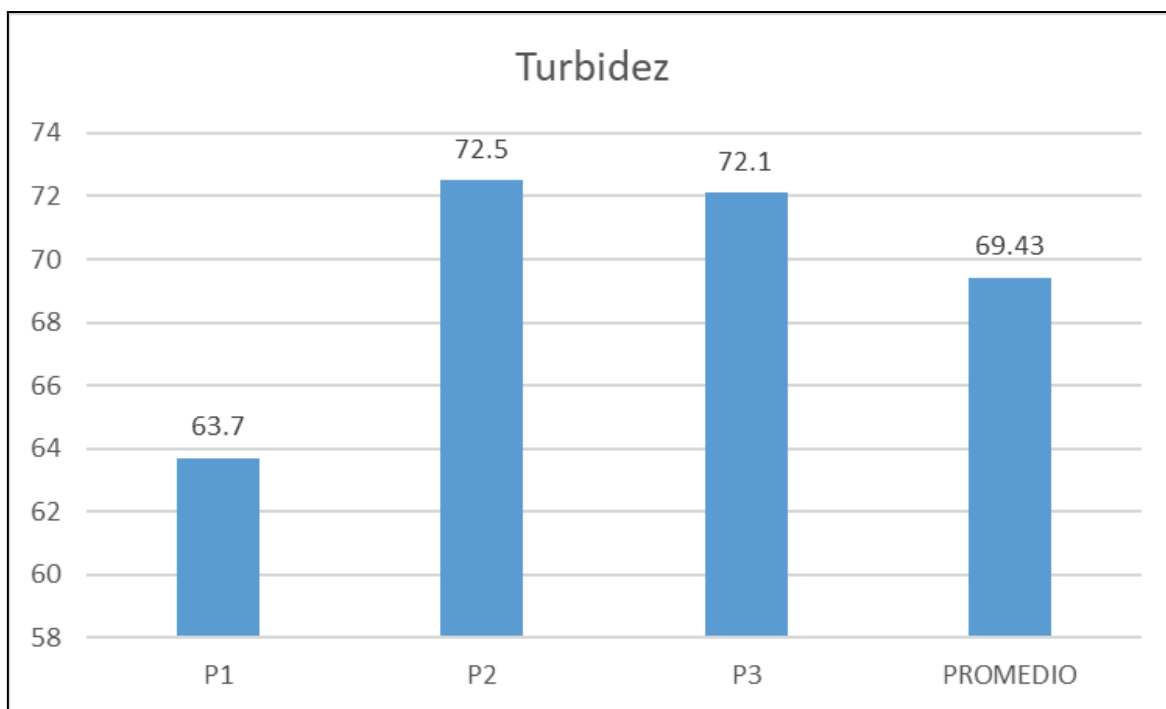


**Figura 06:** Conductividad eléctrica muy alta según análisis

**Interpretación:** La conductividad eléctrica (CE) de 26.02 mS/cm (miliSiemens por centímetro) es muy alta comparada con agua potable (< 1 mS/cm). Este valor indica una gran cantidad de sales disueltas, es decir, altos niveles de contaminación. No identifica qué contaminantes específicos están presentes, pero sí dice que hay muchos iones en solución (posiblemente metales pesados, sales, etc.).

**Tabla 04:** Parámetro turbidez

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Turbidez	63.70	72.50	72.10	69.43

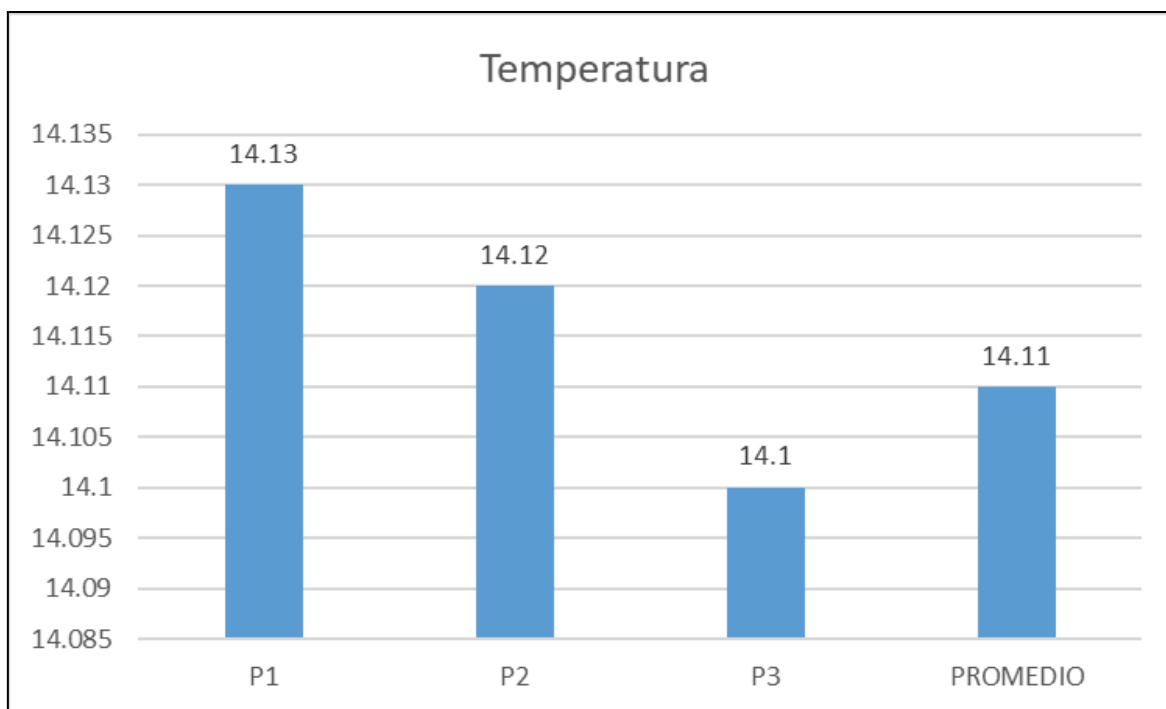


**Figura 07:** Turbidez que contiene gran carga de sólidos suspendidos

**Interpretación:** Alta turbidez indica que el lixiviado contiene una gran carga de sólidos suspendidos, lo cual puede incluir: Partículas de residuos orgánicos en descomposición, Microorganismos patógenos, Posible presencia de metales pesados precipitados, Es un indicador indirecto de contaminación y también afecta procesos de tratamiento.

**Tabla 05:** Parámetro temperatura

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Temperatura	14.13	14.12	14.10	14.11

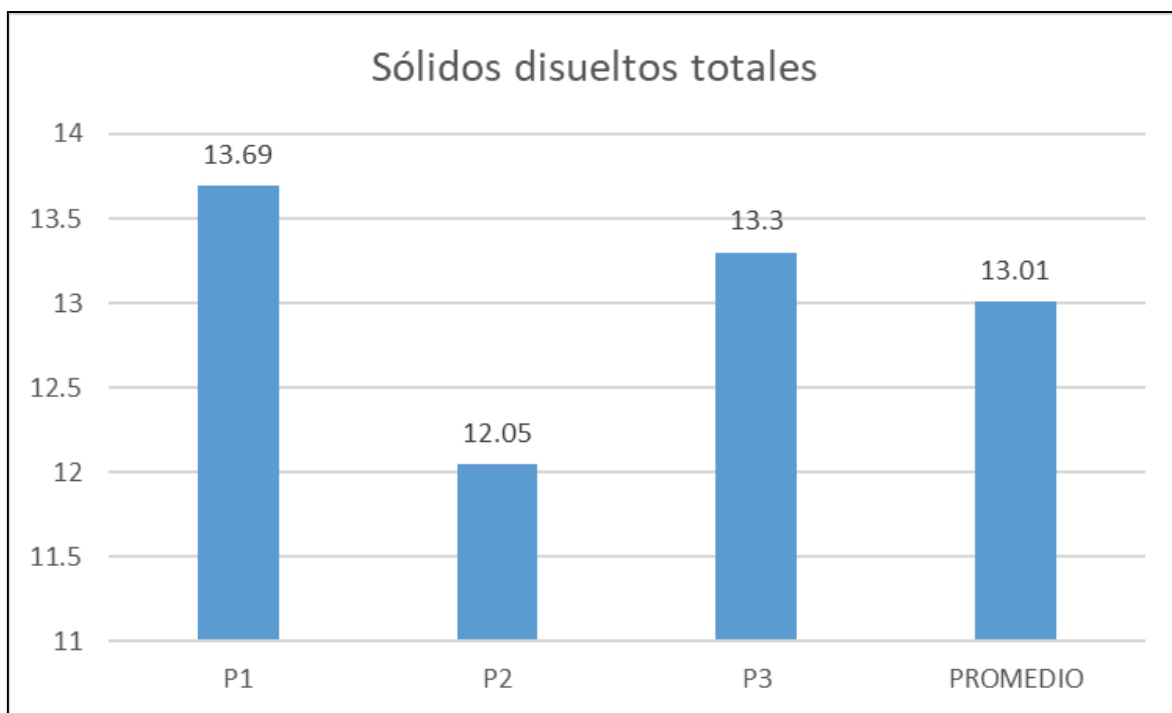


**Figura 08:** Temperatura del lixiviado es ligeramente superior a la temperatura ambiente

**Interpretación:** La temperatura del lixiviado suele ser ligeramente superior a la temperatura ambiente o del suelo circundante. Esto se debe a las reacciones exotérmicas (que liberan calor) de descomposición microbiana que ocurren dentro de la masa de residuos, especialmente en las fases iniciales y medias de actividad del relleno, el resultado promedio de 14.11 °C es una temperatura moderada y típica de aguas subterráneas o lixiviados en climas templados o fríos. No representa un problema en sí mismo. No sugiere contaminación térmica, pero indica que el lixiviado está a temperatura ambiente del subsuelo o del clima local.

**Tabla 06:** Sólidos disueltos totales

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Sólidos disueltos totales	13.69	12.05	13.30	13.01

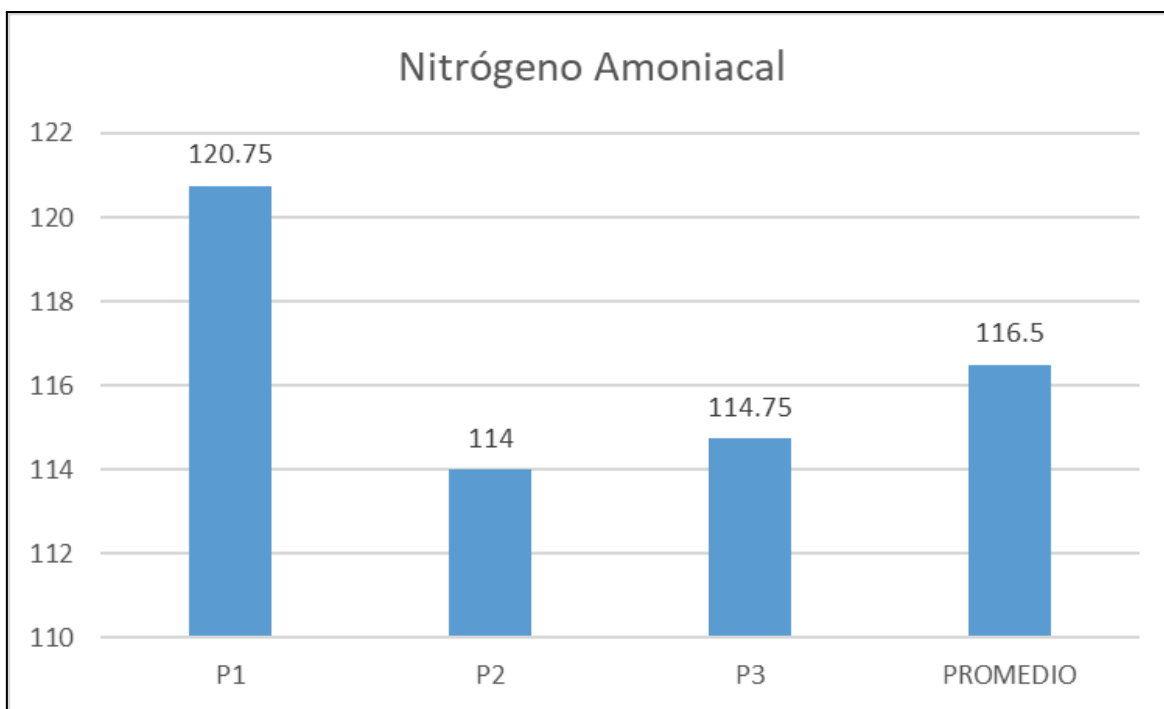


**Figura 09:** STD, extremadamente alto y dentro del rango para lixiviados

**Interpretación:** Promedio: 13.01 g/L (13,010 mg/L), esto es extremadamente alto, está dentro del rango esperado para lixiviados muy contaminados, especialmente si provienen de residuos orgánicos, industriales o están en etapa joven (recién generados).

**Tabla 07:** Nitrógeno Amoniacal

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Nitrógeno	120.75	114.00	114.75	116.50
Amoniacal				

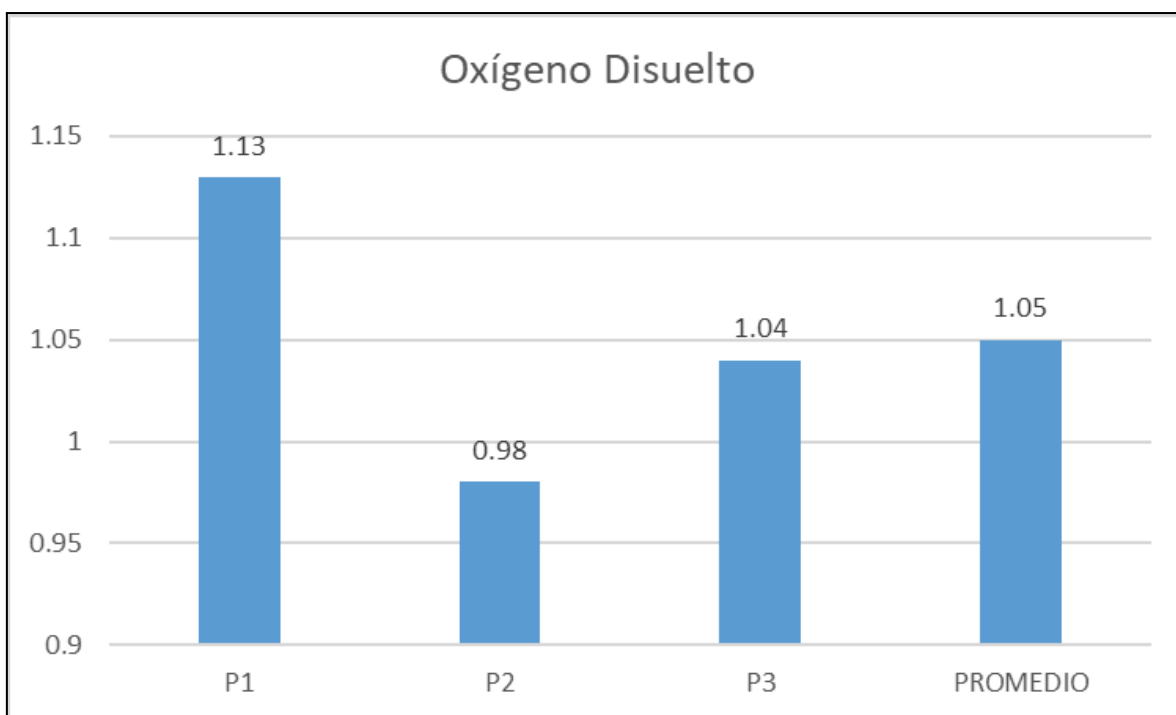


**Figura 10:** Nitrógeno amoniacal muy alto.

**Interpretación:** Valor promedio: 116.5 mg/L, muy alto, es propio de un lixiviado joven, rico en materia orgánica que aún se está descomponiendo.

**Tabla 08:** Oxígeno Disuelto

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Oxígeno Disuelto	1.13	0.98	1.04	1.05

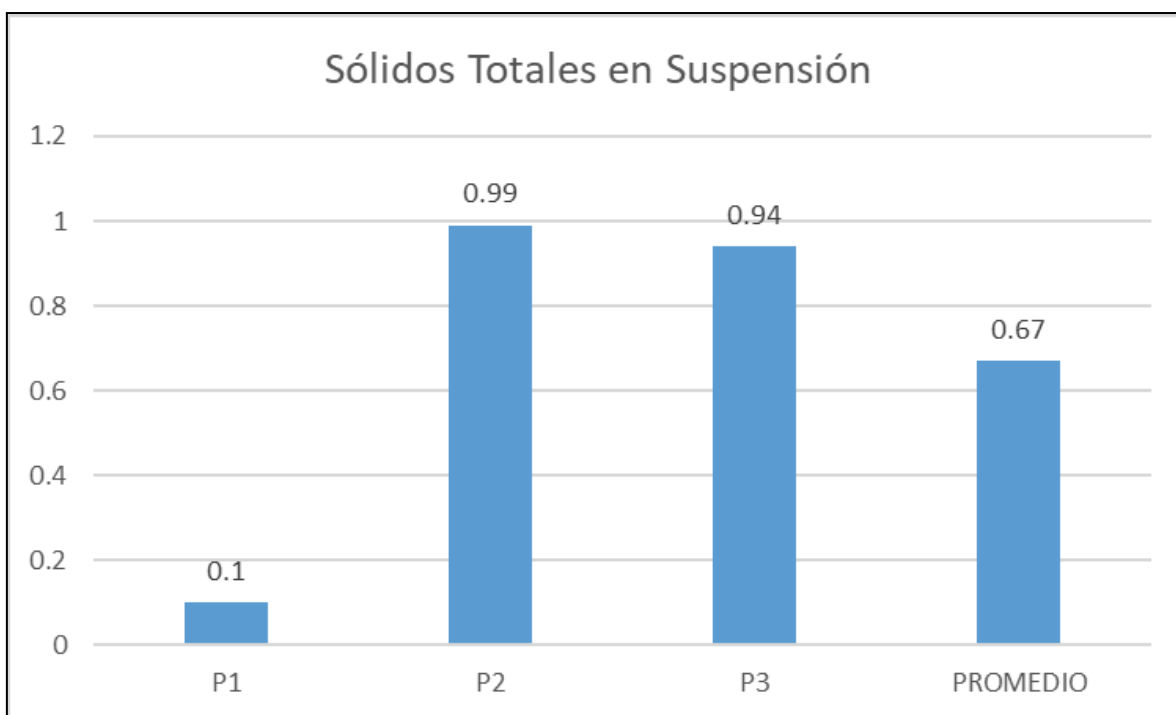


**Figura 11:** Oxígeno Disuelto de muy bajo nivel

**Interpretación:** Valor promedio: 1.05 mg/L → muy bajo. Este nivel indica que el lixiviado está altamente degradado orgánicamente, probablemente en condiciones anaeróbicas, lo cual favorece la producción de compuestos tóxicos como amoníaco libre, sulfuros y metano. Reduce la eficiencia de tratamientos aerobios sin una etapa previa.

**Tabla 09:** Sólidos Totales en Suspensión

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Sólidos Totales en Suspensión	0.10	0.99	0.94	0.67

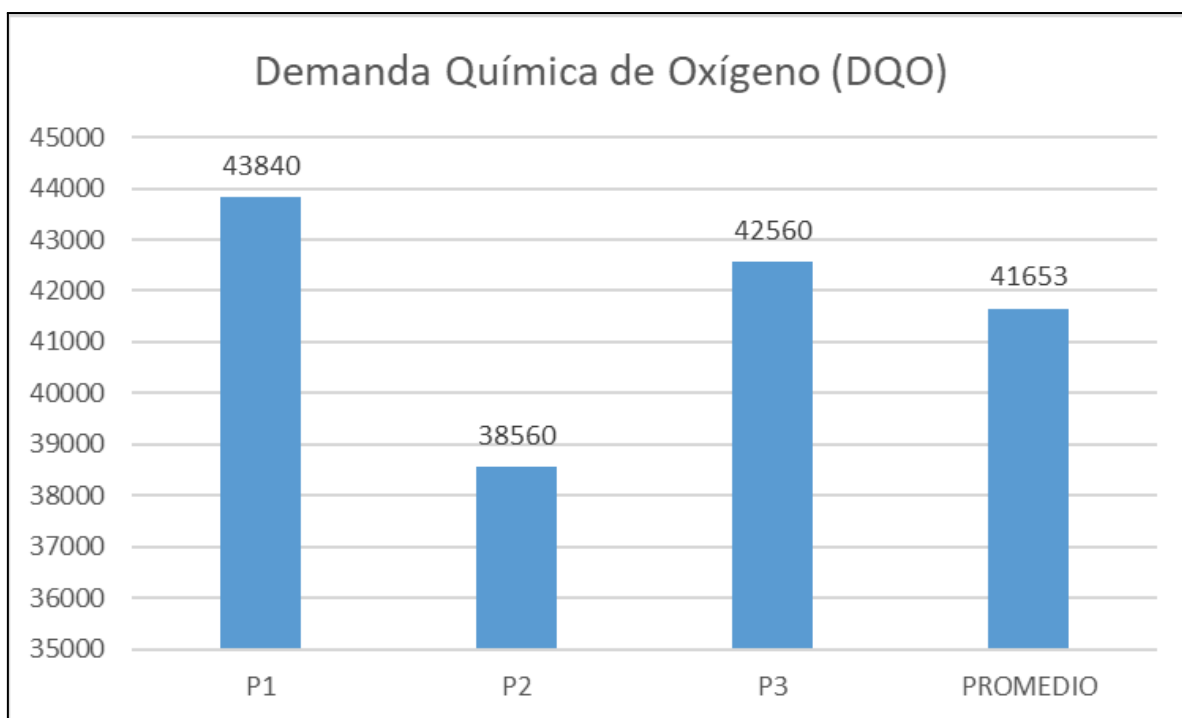


**Figura 12:** Los STS tienen una carga sólida considerable.

**Interpretación:** Promedio de STS: 0.67 g/L = 670 mg/L, alto resultado confirma que el lixiviado tiene una carga sólida considerable en forma de partículas suspendidas, según Gomez (2023) manifiesta que los Sólidos en Suspensión Totales superaron el LMP, por lo que coincide.

**Tabla 10:** Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	43840	38560	42560	41.653

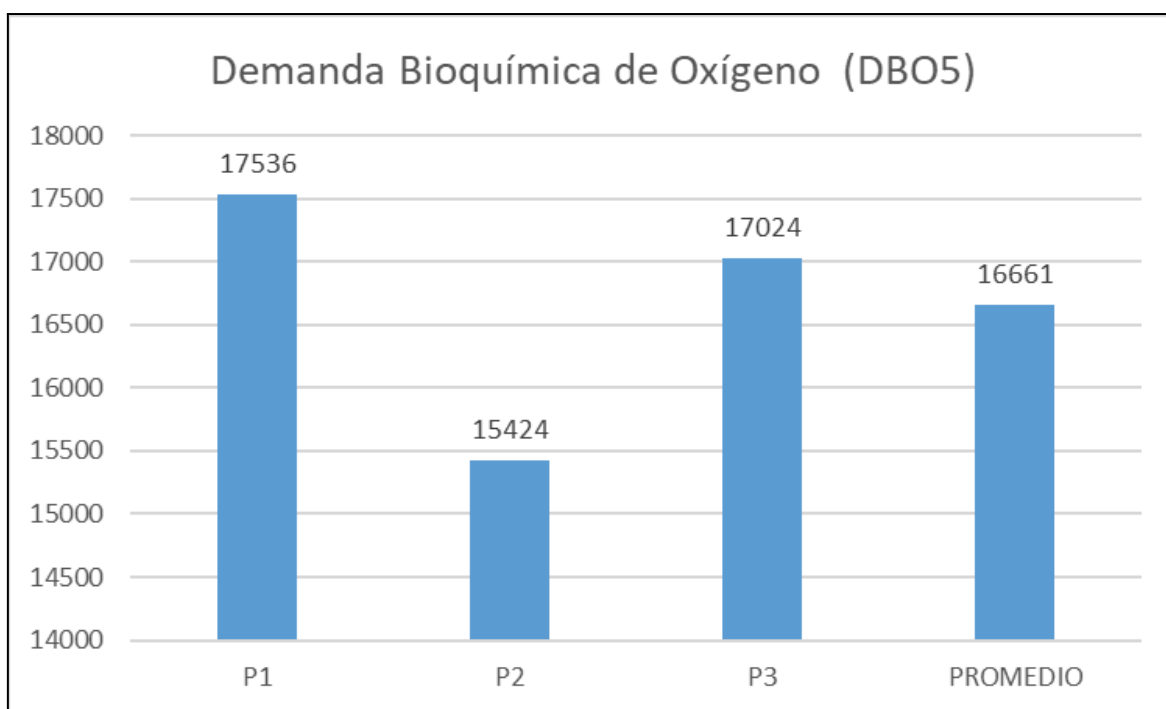


**Figura 13:** El DQO, es extremadamente con alto el valor de contaminado

**interpretación:** Valor promedio: 41,653 mg/L, extremadamente alto valor indica que este lixiviado es altamente contaminado, con presencia de grandes cantidades de materia orgánica (y posiblemente también compuestos inorgánicos reductores), según Gomez (2023) los niveles de DBO superaron el LMP, por lo que coincide al ser altamente contaminado.

**Tabla 11:** Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	17536	15424	17024	16.661



**Figura 14:** DBO, en fase activa de degradación

**Interpretación:** Valor promedio: 16,661 mg/L, extremadamente alto el resultado, confirma que el lixiviado es joven o en fase activa de degradación. Tiene altísima carga orgánica biodegradable, muy alto potencial contaminante, “según” (Gomez 2023) el resultado de DBO (0,997), por lo que no coincide.

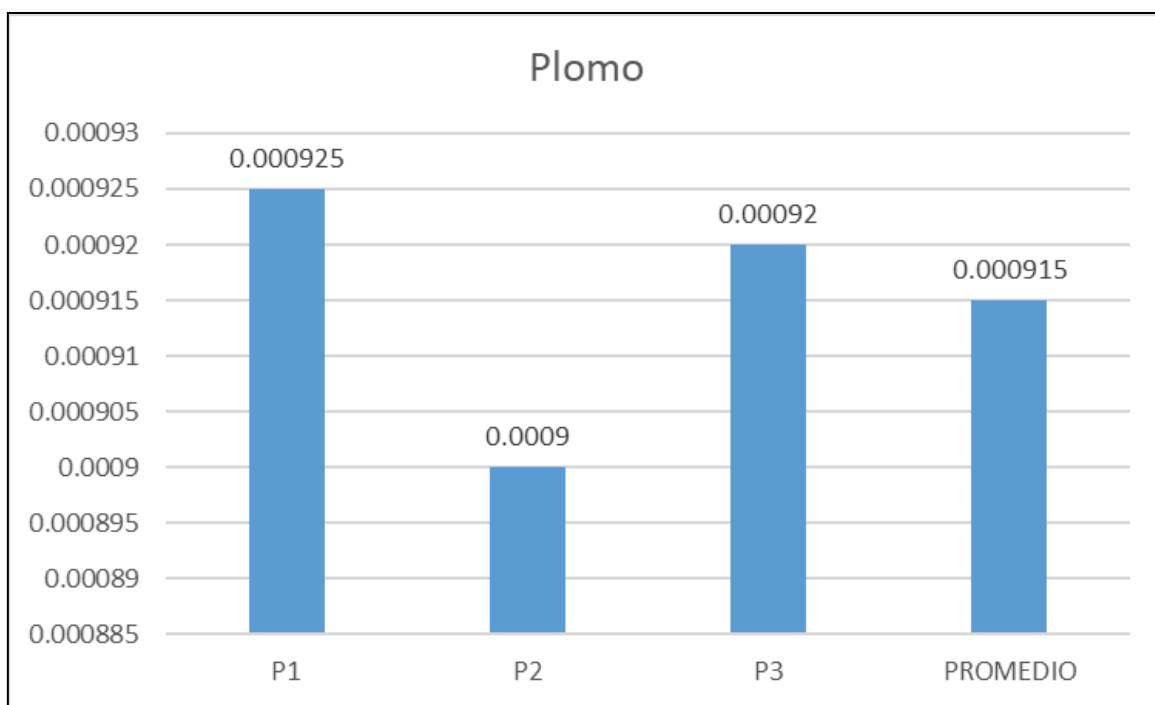
#### **Características de metales pesados del lixiviado de la poza II de huanuyo**

**Tabla 12:** Características de metales pesados

PARÁMETROS	UND	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
Plomo (Pb)	mg/l	0.000925	0.0009	0.00092
Cromo (Cr)	mg/l	0.0195	0.0187	0.0195
Mercurio (Hg)	mg/l	0.000	0.000	0.000

**Tabla 13:** Plomo

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Plomo	0.000925	0.0009	0.00092	0.000915

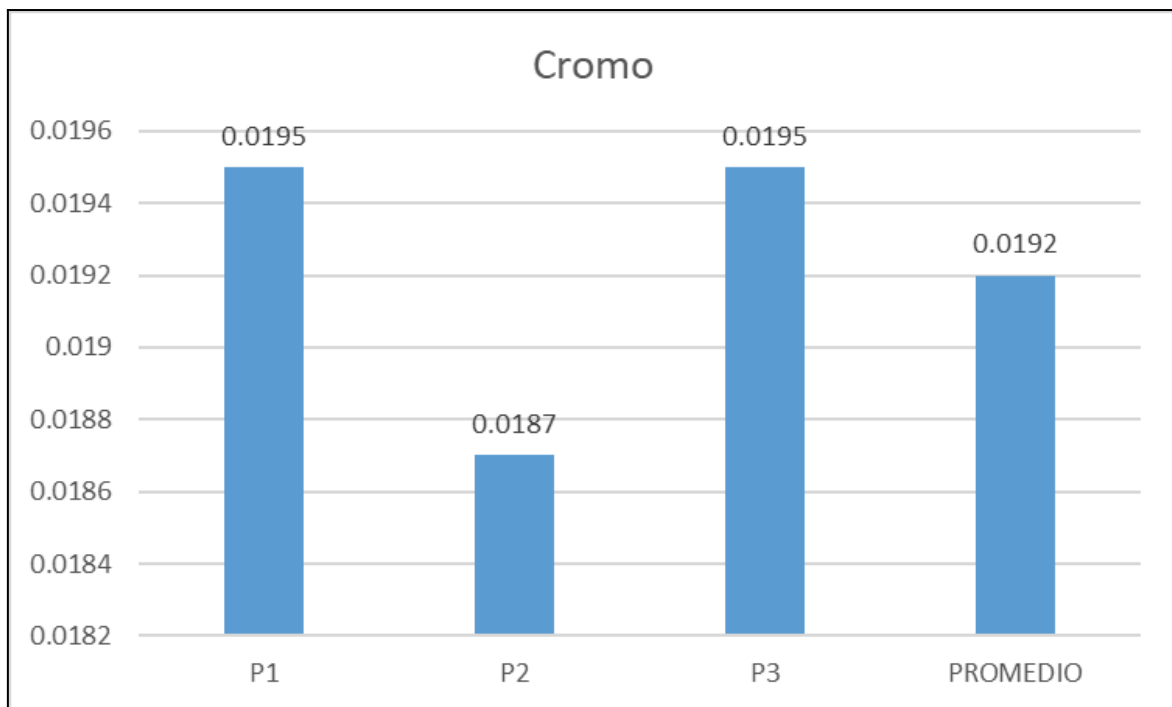


**Figura 15:** Plomo que no representa un riesgo inmediato

**Interpretación:** Concentración promedio: 0.000915 mg/L, resultado está muy por debajo de todos esos límites. No representa un riesgo inmediato ni supera los límites ambientales establecidos.

**Tabla 14:** Cromo

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Cromo	0.0195	0.0187	0.0195	0.0192

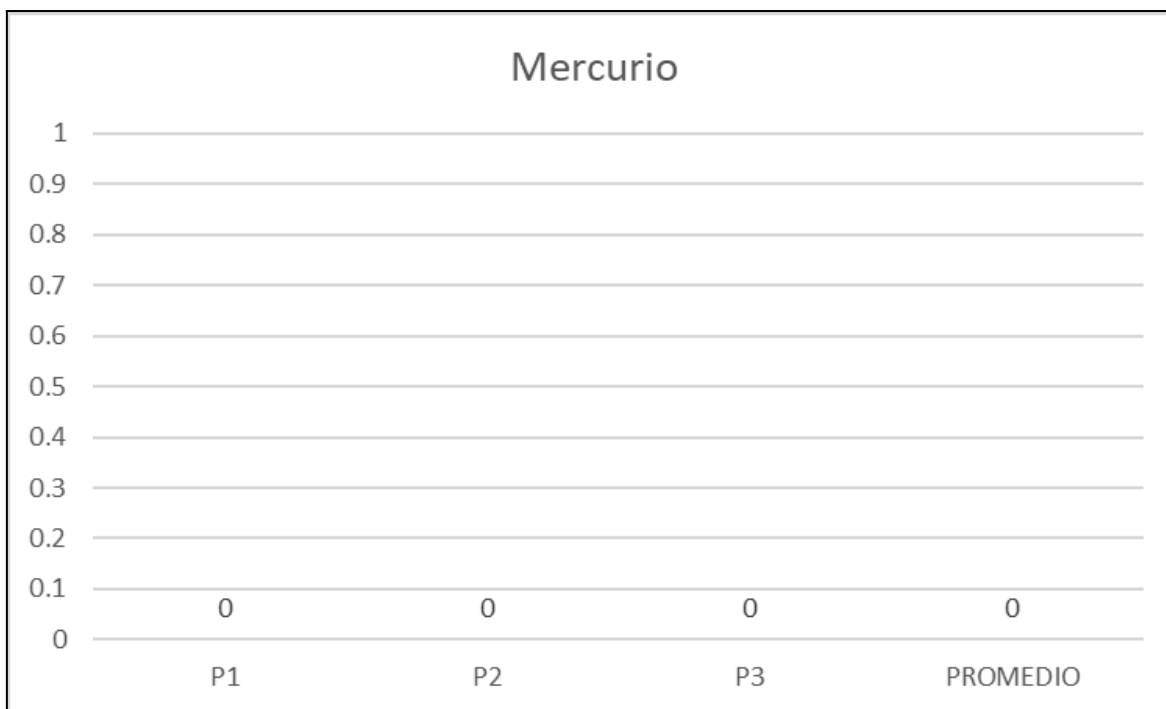


**Figura 16:** El metal Cromo su concentración está por debajo de límites estrictos para aguas superficiales.

**Interpretación:** Concentración promedio: 0.0192 mg/L está por debajo de los límites más estrictos para aguas superficiales y potable, “según señala” Lopez (2022) el cromo mostraron un aumento durante la temporada de invierno, alcanzando un valor máximo de 4,56 mg/, cuyo resultado no coincide.

**Tabla 15:** Mercurio

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Mercurio	0.000	0.000	0.000	0.000



**Figura 17:** El mercurio se encuentra ausente según análisis de laboratorio.

**Interpretación:** La ausencia de mercurio es positiva, ya que este metal genera graves problemas de salud y ambientales, Gomez (2023) el nivel de Hg estuvo por debajo del LMP (0,1), el cual no coincide.

#### 4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02

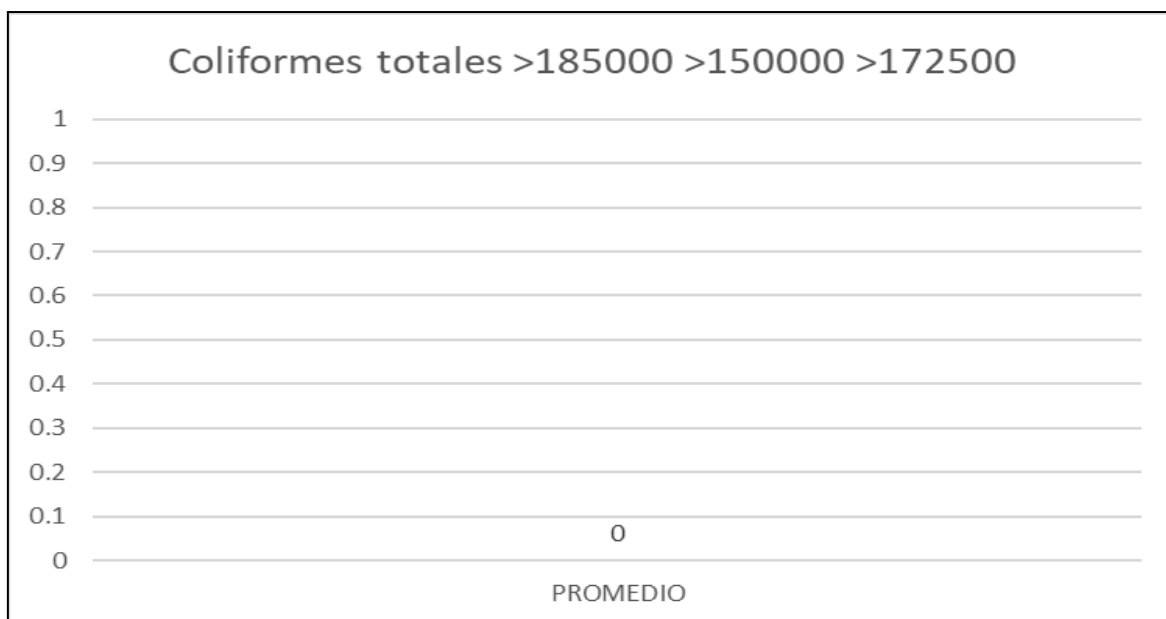
Determinar los microorganismos del lixiviado joven en la poza II de huanuyo.

**Tabla 16:** Características de los microorganismos

PARÁMETROS	UND	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
Coliformes Totales	NMP/100ml	>185000	>150000	>172500
Coliformes Termo	NMP/100ml	>3300	>2700	>3050

**Tabla 17:** Coliformes totales

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Coliformes totales	>185000	>150000	>172500	>169166

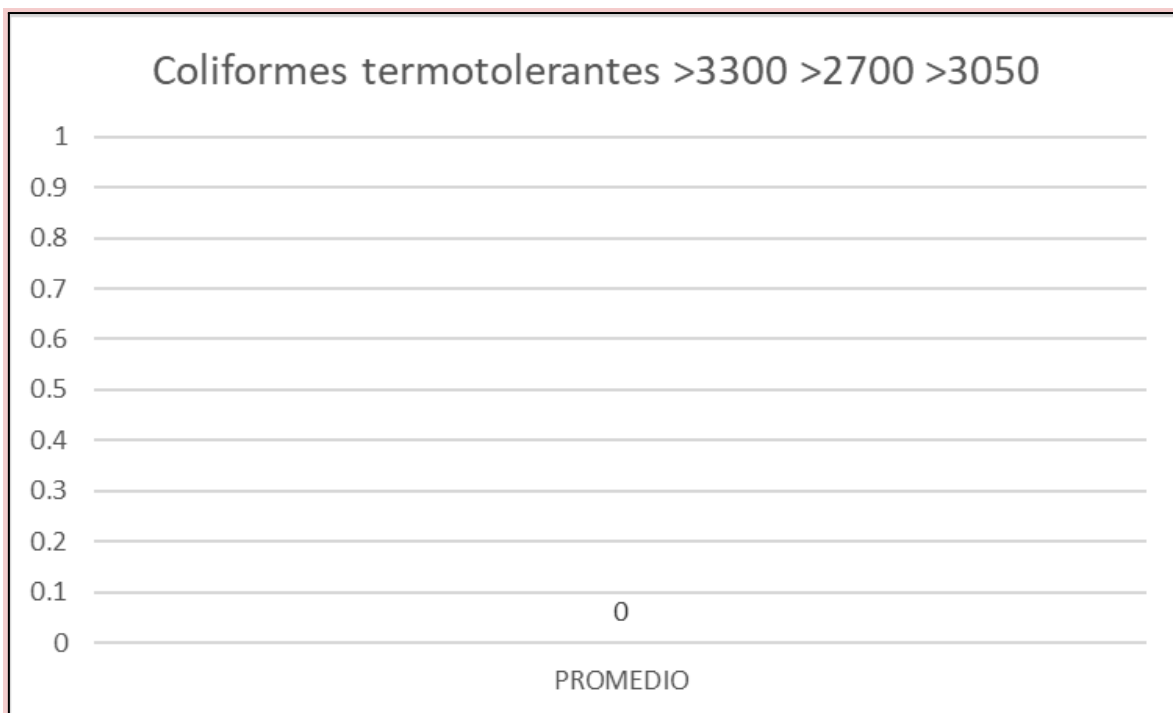


**Figura 18:** El lixiviado se encuentra con alta contaminación bacteriológica

**Interpretación:** Lixiviado altamente contaminado bacteriológicamente. Riesgo potencial para la salud pública si hay contacto o infiltración en fuentes de agua, el lixiviado está en fase activa de descomposición, apoyando las altas DBO y DQO.

**Tabla 18:** Coliformes termotolerantes

Parámetro	P1	P2	P3	PROMEDIO
Coliformes termotolerantes	>3300	>2700	>3050	>3016



**Figura 19:** Los Coliformes termotolerantes en lixiviado son altísimos

**Interpretación:** Valores mayores a 3000 NMP/100 mL son altísimos, reflejando contaminación fecal severa. Confirman que el lixiviado tiene carga microbiológica peligrosa para la salud pública, Indica que es imprescindible un tratamiento adecuado para evitar riesgos sanitarios.

## DISCUSIÓN

### pH y sólidos

El pH es de 7.93, lo que indica que el agua es ligeramente alcalina. Este valor es similar al encontrado por Gomez (2023), quien reportó un pH de 7.5. Sin embargo, contrasta marcadamente con el pH extremadamente ácido (3.3) reportado por Huarcaya & Cierito (2020). Esta variabilidad subraya que la fuente de contaminación puede tener diferentes composiciones químicas. El alto nivel de sólidos disueltos (13.01) y sólidos totales en suspensión (0.67) en tu muestra es consistente con las observaciones de Aranda et al. (2022), que identificaron la presencia de altos niveles de compuestos orgánicos y sólidos disueltos como una característica común en aguas contaminadas por lixiviados.

### **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO)**

Los resultados de DQO (41.65) y DBO (16.66) son indicativos de una alta carga de materia orgánica biodegradable y no biodegradable en el agua. Estos resultados son significativamente más bajos que los reportados por Suero (2022), quien encontró un promedio de DBO de 3359.62 mg/L, lo que sugiere una mayor contaminación en su estudio. La alta correlación entre DQO y DBO, Gomez (2023) y otros estudios encontraron que es una relación bien establecida que indica que la materia orgánica es la principal causa del consumo de oxígeno en el agua.

**Metales pesados:** Los niveles de plomo (0.0009 mg/L) y cromo (0.0192 mg/L) son relativamente bajos en comparación con los valores encontrados en otros estudios. Por ejemplo, López (2022) reportó un valor máximo de cromo de 4.56 mg/L, que es considerablemente más alto que el resultado. Sin embargo, la presencia de estos metales, incluso en bajas concentraciones, es preocupante debido a su toxicidad y persistencia, como lo señala la Agencia de Protección Ambiental (EPA) citada por Aranda et al. (2022). Gomez (2023) también encontró valores bajos de mercurio, pero niveles elevados de otros metales como arsénico y zinc, lo que sugiere que la composición de los metales pesados puede variar según la fuente de contaminación.

### **Microorganismos**

La presencia de coliformes totales (>169) y coliformes termotolerantes (>3016) en los resultados es un claro indicador de contaminación fecal. Estos valores son muy altos, lo que sugiere un grave problema de salud pública. Este hallazgo está en línea con los resultados de Aranda et al. (2022) y Suero (2022), quienes también encontraron altos niveles de coliformes fecales en sus muestras, lo que refuerza la conclusión de que la contaminación por materia fecal es un problema común en las fuentes de agua analizadas en estos estudios. Suero (2022) encontró una eliminación de coliformes fecales del 98.25%, lo que sugiere que, si bien la contaminación es alta, las tecnologías de tratamiento pueden ser efectivas.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA.** Los elementos clave encontrados en el lixiviado de Tipo I de la poza II incluyen: Parámetros fisicoquímicos: pH, conductividad eléctrica, temperatura, sólidos disueltos totales, nitrógeno amoniacal, oxígeno disuelto, sólidos totales en suspensión, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Metales pesados: Plomo, cromo y mercurio. Parámetros microbiológicos: Coliformes totales y coliformes termotolerantes.

**SEGUNDA.** La concentración de los parámetros fisicoquímicos en el lixiviado muestra las siguientes características: pH (7.93): Este valor alcalino sugiere que el lixiviado ha superado la fase inicial de descomposición ácida, indicando una etapa más avanzada de degradación. Conductividad eléctrica (26.02 mS/cm): Un valor elevado que denota una alta concentración de sales disueltas. Temperatura (14.11 °C): Esta temperatura es típica de climas templados o fríos. Sólidos disueltos (13.01 g/L): La alta concentración indica una gran cantidad de sólidos en solución. Nitrógeno amoniacal (116.5 mg/L): Un valor alto, característico de un lixiviado joven con abundante materia orgánica. Oxígeno disuelto (1.05 mg/L): El nivel bajo de oxígeno indica que el lixiviado está altamente degradado, probablemente en condiciones anaeróbicas. Sólidos totales en suspensión (0.67 g/L): Este valor sugiere una carga considerable de partículas suspendidas. Demanda química de oxígeno (DQO - 41,653 mg/L): Un valor extremadamente alto que revela una fuerte contaminación y una gran presencia de materia orgánica. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO - 16,661 mg/L): Este valor indica que el lixiviado se encuentra en una fase activa de degradación o es relativamente joven. Metales pesados: Plomo (0.000915 mg/L) y Cromo (0.0192 mg/L): Ambos metales se encuentran por

debajo de los límites ambientales establecidos, por lo que no representan un riesgo inmediato. Mercurio: La ausencia de este metal es un hallazgo positivo, ya que su presencia está asociada a graves riesgos para la salud y el ambiente.

**TERCERA.** En cuanto a los parámetros microbiológicos, los resultados muestran: Coliformes totales (>169,166 NMP/100 mL) y Coliformes termotolerantes (>3,016 NMP/100 mL): La alta carga microbiana indica que el lixiviado representa un peligro significativo para la salud pública.

## RECOMENDACIONES

A la Municipalidad Provincial de San Roman Juliaca

**PRIMERA.** Para el tratamiento de la alta carga orgánica y de sales:

Tratamiento biológico: Dada la alta concentración de DBO y DQO, se pueden considerar tratamientos biológicos como reactores anaeróbicos o sistemas de lodos activados. Estos procesos son eficientes para degradar la materia orgánica.

Ósmosis inversa: Para reducir la alta conductividad eléctrica y la concentración de sólidos disueltos, se recomienda el uso de ósmosis inversa. Este método de filtración avanzado puede remover sales y otros contaminantes.

**SEGUNDA.** Para la gestión de metales pesados:

Precipitación química: Aunque los niveles de plomo y cromo son bajos, la precipitación química puede ser utilizada para remover estos metales. Este proceso ajusta el pH del lixiviado para que los metales se conviertan en sólidos insolubles y puedan ser filtrados.

**TERCERA.** Para el control de riesgos microbiológicos:

Desinfección: Se debe implementar una etapa de desinfección en el sistema de tratamiento para eliminar la carga de coliformes. Métodos como la cloración, el ozono o la radiación ultravioleta (UV) son efectivos para este fin y esenciales para prevenir riesgos de salud pública

## BIBLIOGRAFÍA

- Ambientum. (2022). *Composición de los residuos sólidos urbanos—Enciclopedia Medioambiental*. <https://www.ambientum.com/>
- Aparicio Saavedra, M. E. A. (2021). *Determinación de los factores Físicos Químicos en la fuente de agua impactada por los Lixiviados de los Residuos Sólidos en el Botadero de Chilla Juliaca*. 99.
- Aranda, A. O. V., Iannacone, J., Peña, A., & Echevarría, L. M. R. (2022). Tratamiento de lixiviados por oxidación avanzada: Una revisión. *Revista Campus*, 27(33), Article 33. <https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/rc/article/view/2249>
- Bautista Ramirez, 2018. (s. f.). Recuperado 27 de marzo de 2022, de <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/handle/20.500.12753/670/2511.pdf?sequence=1>
- Berriel, M. del C. H., Fragoss, N. O. Á., Vaca, R., Benavides, L. M., Lugo2, J. (2012, febrero). *Determinación de Metales Pesados Residuos Sólidos y Lixiviados en Reactores a Diferentes Tasas de Recirculación*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*.  
<chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/370/37025166018.pdf>
- Cerquera, N. O. D., & Cerón, J. C. M. (2021). *Evaluación del Proceso de Coagulación, Floculación y Centrifugado Mediante Sulfato de Aluminio como Tratamiento de Lixiviado Maduro Generado en Relleno Sanitario el Ojito de Popayán*. 50.
- Cisneros, B., Esttefani, N., Torre, C., Astrid, K., Rojas, C., Martin, R., Rojas, N., Joel, E., Monteza, V., & Ronaldo, J. (2021). *Propuesta Metodológica para el Muestreo de lixiviados en rellenos sanitarios operativos*. 19.
- Cordova Baldeon, J. J., Taype Ichpas, A., & Capcha Perez, Y. R. (2023). *Aprovechamiento de lixiviados generados por los residuos orgánicos en el relleno sanitario Ccatun Huaycco en Paltamachay -Yauli—Huancavelica* [Tesis, Universidad Continental].

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13410/1/IV\_FIN\_107\_TE\_Cordova\_Taype\_Capcha\_2023.pdf

- Gomez Quispe, L. N. (2023). Contaminación del agua subterránea por lixiviados de residuos sólidos en el botadero municipal del distrito de Muñani, Puno – 2023. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/639>
- Huarcaya, J. L. T., & Cierro, L. E. O. (2020). Degradación de la carga orgánica de lixiviado maduro mediante proceso de oxidación avanzada H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/TiO<sub>2</sub> en reactor anular, Junín – Perú. *Llamkasun*, 1(3), Article 3. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v1i3.22>
- Huisa, V. Q., Torres, W. O., & Guerrero, Z. F. (2022). Educación ambiental y manejo de residuos sólidos en Cusco. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), Article 3. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i3.2420](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2420)
- Ley General del Medio Ambiente, N. 28611. (s. f.). *Ley N° 28611—Ley General del Medio Ambiente en Perú*. Gidahatari. Recuperado 9 de octubre de 2022, de <https://gidahatari.com/ih-es/ley-general-del-medio-ambiente-ley-n-28611>
- Liberato Soto, N. E. (2020). Microorganismos eficientes y su efecto en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el centro ecoturístico de protección ambiental “Santa Cruz”—CEPASC, Concepción, 2019. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8572>
- López Velásquez, Y. E. (2022). Caracterización de los lixiviados producidos por el relleno sanitario de San Pedro La Laguna, Guatemala. *Agua, Saneamiento y Ambiente*, 17(1), Artículo 1.
- Martinez et al., S. P., & OLARTE MAYHUA, L. V. (2024). *Parámetros microbiológicos y físicos en la laguna de Pultocc, provincia de Castrovirreyna—Huancavelica 2023* [Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f247d5c3-aeaa-48b1-924d-48f63ef8b2da/content>

- Méndez Novelo, R. I., & Gody Santos Rosa, M. I. (2025, septiembre 14). (PDF) *Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/240643188\\_Tratamiento\\_fisicoquimico\\_de\\_los\\_lixiviados\\_de\\_un\\_relleno\\_sanitario](https://www.researchgate.net/publication/240643188_Tratamiento_fisicoquimico_de_los_lixiviados_de_un_relleno_sanitario)
- MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias* [Text]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones-1>
- Quiroz Jiménez, L. A. (2020). *Tratamiento Físico-Químico para la Remediación de Lixiviados del Relleno Sanitario Naranjal Mediante la Aplicación de Cal, Zeolita y Cloro*. 89.
- Quispe Mamani, J. C. (2020). *Determinación de la Eficiencia en la Gestión de Residuos Sólidos en las Municipalidades Distritales de la Región de Puno—Perú*. ORCID. <https://orcid.org/0000-0002-3938-1459>
- Ramires Muriel, Laura Violeta. (2022). *Lumieres—Repositorio institucional Universidad de América: Alternativa para la reducción de los impactos socioambientales generados por el manejo del lixiviado en el vertedero de Doña Juana*. <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8960>
- Rodriguez Benvides, G. (2001). Aseguramiento de la calidad analítica y norma ISO 17 025 en laboratorios clínicos y químicos. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 22(1-2), 83-97.
- Suero Sánchez, D. E. (2022). *Manejo de lixiviados de la fracción orgánica de los residuos sólidos del relleno sanitario de Anta, Cusco, Perú*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5370>
- Ticona Carrizales, L., & Apaza Panca, C. M. (2020). Evaluación del impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani Puno. *Universidad Nacional de Juliaca*.

<http://repositorio.unaj.pe:8080/xmlui/handle/UNAJ/104>

Torres-Lozada, P., Barba-Ho, L. E., Ojeda, C., Martínez, J., & Astaño, Y. (2014). Influencia de la edad de Lixiviados Sobre su Composición Físico-Química y su Potencial de Toxicidad. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(1), 245-255.

Vásquez Chacón, M. A. V. (2017). *Efecto de los microorganismos eficaces en la calidad fisicoquímica y microbiológica de los lixiviados del relleno sanitario municipal de Cajamarca*. 140.

## ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

**TÍTULO: CONTAMINANTES DEL LIXIVIADO DE TIPO I EN LA POZA II DE “CELDA TRANSITORIA DE HUANUYO” DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA 2023**


PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INSTRUMENTO	METODOLOGÍA
¿Qué elementos contaminantes compone el lixiviado de Tipo I, en la poza II de “celda transitoria de Huanuyo” de la Municipalidad Provincial San Román Juliaca 2023?	Determinar los elementos contaminantes del lixiviado de Tipo I, en la poza II de “celda transitoria de Huanuyo” de la Municipalidad Provincial San Román Juliaca 2023	Los elementos contaminantes del lixiviado de Tipo I, en la poza II de “celda transitoria de Huanuyo, tienen alto contenido de contaminantes	VI: Elementos contaminantes VD: Lixiviado tipo I	Muestreo de lixiviado Análisis de laboratorio	Diseño de investigación: no experimental Tipo: descriptivo-transversal Población/muestra:
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>			
¿En la poza II de lixiviados de celda transitoria de disposición final de residuos sólidos de Huanuyo, contendrán elementos físico químicos ?	Determinar la concentración de los parámetros físico químico del lixiviado joven en la poza II de huanuyo.	En la poza II de lixiviado joven de “celda transitoria de Huanuyo” contiene concentraciones de alto grado físico-químico			
¿En la poza II de lixiviados de la celda transitoria de disposición de residuos sólidos de Huanuyo, contendrán microorganismos ?	Determinar los microorganismos del lixiviado joven en la poza II de huanuyo	En la poza II de lixiviado joven de “celda transitoria de Huanuyo” contiene microorganismos contaminantes			

**Anexo 02:** Instrumentos de visualización para obtener datos


**INSTRUMENTO 2**


**GUIA DE OBSERVACION DE CAMPO:**

**POSIBLE AFECTACIÓN EN LOS PERÍMETROS POR LIXIVIADOS EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE HUANUYO**

		SI	NO	Evidencia visual (Figura )
<b>1</b>	<b>Infiltración lateral</b>			
	Posible existencia de masas líquidas, oscuras y con mal olor en el perímetro de la celda de disposición final de Residuos Sólidos		<b>X</b>	

	SI	NO	Evidencia visual (Fotográfica) u observación
--	----	----	--


2	<b>Existencia de cunetas</b>			
	<p>Existe cunetas en el perímetro de la celda de disposición final de Residuos Sólidos de huanuyo</p>	x		

	SI	NO	Evidencia visual (Figura )	
3	<b>Existencia de gaviones</b>			
	<p>Existen gaviones en todo el área en diferentes lugares para la infiltración de lixiviados y de aguas pluviales, por estar a cielo abierto las celdas de disposición final de Residuos sólidos de Huanuyo.</p>	x		

	SI	NO	Evidencia visual (Figura )
--	----	----	----------------------------

4	Poza de lixiviados II			
	<p>La poza de lixiviados II donde se deposita los lixiviados degradados de materia organica, aguas pluviales, de color negro con olor muy fetido, proveniente de la degradación de la celda de disposicion de residuos solidos. a traves de tuberias instaladas dentro de la geomembrana</p>	X		 <p>Poza II de lixiviado sin techo</p>  <p>Poza II de lixiviado junto a la celda de disposición de RR.SS.</p>  <p>Poza II de lixiviado actualmente con techo</p>

	SI	NO	Evidencia visual (Figura )
--	----	----	----------------------------

<p><b>5 Evidencias de tomas de muestras</b></p>		
<p>Evidencias de los puntos diferentes de toma de muestreo, cuyas medidas longitudinales de la poza son: L=50 m y A=15 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inicio de toma de muestra 00 m</li> <li>- toma de muestra en la parte medio según su medida de longitud es de 25m</li> <li>- toma de muestra en la parte final de longitud 25 m con respecto al punto medio</li> </ul>	<p>X</p>	

### Anexo 03: Geo Referencia del área de estudio



**Figura 20:** Ubicación de poza lixiviado II

**Nota:** Imagen extraída de Google Earth Pro

#### **DISTANCIAS ENTRE PUNTOS DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS.**

I. Punto de extracción de la primera muestra:



**Figura 21:** Ubicación de punto 01 en poza de lixiviado II

**Nota:** Imagen extraída de Google Earth pro

## II. Punto de extracción de la segunda muestra:



**Figura 22:** Ubicación de punto 02 en poza de lixiviado II

**Nota:** Imagen extraída de google Earth Pro


## III. Punto de extracción de la tercera muestra:



**Figura 23:** Ubicación de punto 03 en poza de lixiviado II

**Nota:** Imagen extraída de google Earth Pro

## Anexo 04: Certificado De Análisis Físico-Químico y Biológico



**MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C**  
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.  
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR COMPARACIÓN  
DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.  
RUC: 20612800741

**INFORME DE ENSAYO 0761/MQA**  
**RESULTADO DE ANÁLISIS.**

PROCEDENCIA : HUANUYO – SAN ROMAN - JULIACA  
 SOLICITANTE : MELECIO JAPURA CH.  
 MOTIVO : ANALISIS DE LIXIVIADOS DE POZAS.  
 MUESTREO : 18/08/2024 (por el interesado).  
 ANÁLISIS : 19/08/2024.

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Turbio.  
 Color : Gris Oscuro.  
 Olor : Fétido.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

PARAMETROS	UNIDAD	PUNTO 1 - 1	PUNTO 1 - 2	PUNTO 2 - 1	PUNTO 2 - 2	PUNTO 3 - 1	PUNTO 3 - 2
pH		7.38	7.47	7.45	9.09	8.46	7.73
C.E	mS/cm	26.96	27.80	26.40	21.80	26.20	27.00
Turbidez	NTU	75.1	72.1	74.4	70.6	71.0	73.2
Temperatura	°C	14.10	14.15	14.13	14.10	14.12	14.05

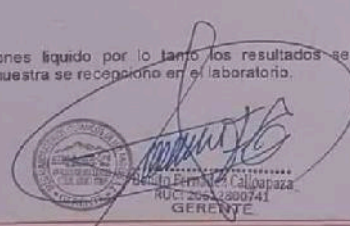
**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

Sólidos Disueltos Totales (SDT)	g/l	13.48	13.90	13.20	10.90	13.10	13.50
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	120.00	121.50	119.00	109.00	114.00	115.50
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l	1.10	1.15	1.05	0.90	1.00	1.08
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg/l	1.0205	0.9786	1.0175	0.9592	0.9126	0.9744
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	43200	44480	42240	34880	41920	43200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	17280	17792	16896	13952	16768	17280
Plomo (Pb)	mg/l	0.0009	0.00095	0.00089	0.00091	0.00092	0.00094
Cromo (Cr)	mg/l	0.019	0.020	0.0185	0.0188	0.0193	0.0197
Mercurio (Hg)	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO:**

Coliformes totales	NMP/100ml	>180000	>190000	>160000	>140000	>170000	>175000
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	>3200	>3400	>2800	>2600	>3000	>3100

**INTERPRETACION:**  
 El agua analizada es en lones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente. NOTA. La muestra se recepción en el laboratorio.



Gerente

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgola - Puno  
 Cel: 973296546 - 983003185