

3.5%

Fecha: 2023-11-24 04:51 UTC

* Todas las fuentes 7 | Fuentes de internet 7

- [0] repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85455/Arias_CGN-SD.pdf?sequence=1
1.9% 15 resultados

- [1] www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1. Materia orgánica y actividad biológica.pdf
0.5% 6 resultados

- [2] www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/43/43264/tema_5.pdf
0.4% 4 resultados

- [3] www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009
0.3% 3 resultados

- [4] es.wikipedia.org/wiki/Valor_p
0.2% 3 resultados

- [5] www.edutecne.utn.edu.ar/publicaciones/tesis/modelamiento_simulacion_reactores.pdf
0.3% 3 resultados

- [6] www.academia.edu/37037057/Lixiviados
0.2% 2 resultados

48 páginas, 7942 palabras

Nivel del plagio: 3.5% seleccionado / 3.5% en total

33 resultados de 7 fuentes, de ellos 7 fuentes son en línea.

Configuración

Directiva de data: *Comparar con fuentes de internet, Comparar con documentos propios*

Sensibilidad: *Media*

Bibliografía: *Considerar Texto*

Detección de citas: *Reducir PlagLevel*

Lista blanca: --

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de riesgos

TESIS

CARGA ORGÁNICA DE LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO

DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2023

Br:

Bocanegra Torres Anita Irene

Chilón Malimba Erika Liseth

Asesor:

Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca-Perú

2023

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**CARGA ORGÁNICA DE LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO
DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2023**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional
de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

Bach.

Bocanegra Torres Anita Irene

Chilón Malimba Erika Liseth

Asesor:

Dr. Vera Zelada Persi

Cajamarca - Perú

2023

COPYRIGHT © 2023 by

Bocanegra torres

Chilón Malimba

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

PREVENCIÓN DE RIESGOS

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

CARGA ORGÁNICA DE LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO
SANITARIO DE LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2023

Presidente: Dr. Miguel Arango Llantoy.

Secretario: Alcibíades Aurelio Martos Diaz.

Vocal: Persi Vera Zelada.

Asesor: Dr. Vera Zelada Persi.

DEDICATORIA

A mi universidad gracias por haberme permitido formarme en ella.

A mis padres que han sabido formarme con buenos hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles.

A mi esposo por su sacrificio y esfuerzo para nuestro futuro, ya que pasamos momentos difíciles él siempre estuvo brindándome su comprensión y apoyo.

A mi hija Tatiana quien han sido mi mayor motivación para nunca rendirme y así poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos separe un futuro mejor.

Anita Irene, Bocanegra Torres

A Dios, quien a sido mi fortaleza, guía y protector en cada momento y en cada paso de mi día a día.

A mis padres por ser los pilares fundamentales en cada meta que me he propuesto, ellos con su dedicación completa me impulsaron a llegar a la meta. También a toda mi familia quienes con su granito de arena hicieron que no caerá durante mi formación académica.

Chilón Malimba Erika Liseth

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por ser nuestra fortaleza y nuestra guía en todos los momentos importantes de nuestras vidas.

A nuestros padres por su comprensión, confianza y valores que han sido pilares fundamentales en nuestra superación profesional.

Al director de Tesis, quien nos brindó su confianza, apoyo y paciencia para la realización de la presente.

Bocanegra Torres Anita Irene

Chilón Malimba Erika Liseth

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la carga orgánica de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023. La carga orgánica es una medida crucial para evaluar el impacto ambiental de los lixiviados y diseñar estrategias de tratamiento adecuadas para minimizar los riesgos para el entorno y la salud pública.

Se llevó a cabo un estudio observacional transversal, donde se recolectaron muestras de lixiviados a lo largo de diferentes puntos del relleno sanitario durante la época de estiaje y avenida del año 2023. La concentración de la materia orgánica se determinó mediante técnicas de análisis químicos específicas, como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) o la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Al comparar y analizar los resultados obtenidos respecto a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° – 2009 MINAN, con las concentraciones de la DBO y DQO presente en los lixiviados y con la evidencia estadística se puede notar que el valor absoluto del Z calculado ($|Z_{cal}|$), es mayor que el valor crítico $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$; es decir que: $|Z_{cal}| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^{[4]} ; (2,309 > 1,960)$, lo que por teoría nos permite rechazar la hipótesis nula, es decir, que superan lo establecido por la normativa vigente.

Palabras clave: relleno sanitario, lixiviados y carga orgánica.

ABSTRACT

The main objective of this research is to determine the organic load of leachate from the Los Baños del Inca landfill, Cajamarca 2022. The organic load is a crucial measure to evaluate the environmental impact of leachate and to design appropriate treatment strategies to minimize risks to the environment and public health.

A cross-sectional observational study was carried out, where leachate samples were collected along different points of the landfill during the dry season and flood of the year 2023. The concentration of organic matter was determined using specific chemical analysis techniques, such as Chemical Oxygen Demand (COD) or Biochemical Oxygen Demand (BOD).

When comparing and analyzing the results obtained with respect to the Maximum Permissible Limits (MPL) established in the Supreme Decree N° - 2009 MINAN, with the concentrations of BOD and COD present in the leachates and with the statistical evidence it can be noted that the absolute value of the calculated Z ($|Z_{cal}|$), is greater than the critical value $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$; that is to say that: $|Z_{cal}| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$; (2,309 > 1,960), which by theory allows us to reject the null hypothesis, i.e., that they exceed what is established by the current regulations.

Key words: landfill, leachate and organic load.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.3. OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4. JUSTIFICACIÓN	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	16
2.2. BASES TEÓRICAS	19
2.2.1. Relleno sanitario	19
2.2.2. Lixiviados de relleno sanitario	21
2.2.3. Carga orgánica de los lixiviados	24
2.2.4. Decreto supremo N° - 2009-MINAM	26
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	26
2.4. HIPÓTESIS	27
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	27
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	28
3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS	28

	10
3.1. UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA	28
3.1.1. Unidad de análisis.....	28
3.1.2. Universo	28
3.1.3. Muestra.....	28
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	29
3.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	30
3.5. INSTRUMENTOS.....	30
3.6. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	32
4.1. PARÁMETRO: MATERIA ORGÁNICA.....	32
4.2. INTERPRETACIÓN:	39
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
CONCLUSIONES:.....	44
RECOMENDACIONES:.....	45
REFERENCIAS	46

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	27
TABLA 2 CONCENTRACIONES DE DBO Y DQO	32
TABLA 3 RESUMEN DEL PROCESAMIENTO DE LOS CASOS.....	34
TABLA 4 DESCRIPTIVOS ESTADÍSTICOS.....	35
TABLA 5 PRUEBA DE NORMALIDAD	36

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del Problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

Los rellenos sanitarios son instalaciones críticas para la disposición final de los residuos sólidos en muchas ciudades, pero su funcionamiento puede generar lixiviados, que son líquidos percolados que se forman debido a la descomposición de la materia orgánica presente en los desechos (Ramirez & Campos, 2019).^[0] Estos lixiviados representan una preocupación ambiental y sanitaria significativa, ya que pueden contener diversos contaminantes, incluida la carga orgánica, que afecta la calidad del agua subterránea y superficial cercana al relleno sanitario (Afolabi, Ogedengbe, & Efeovbokhan, 2020).

^[0] En el caso específico del relleno sanitario ubicado en Los Baños del Inca, Cajamarca, se desconoce la magnitud de la carga orgánica presente en los lixiviados generados durante el año 2023. La evaluación de la carga orgánica es fundamental para comprender el impacto ambiental de estos lixiviados para diseñar estrategias efectivas de tratamiento y gestión que minimicen los riesgos para la salud ambiental y la salud pública.

Si bien se han realizado estudios sobre la calidad de los lixiviados en otros rellenos sanitarios, cada ubicación presenta características particulares debido a las diferencias en la composición y cantidad de residuos, el clima y la geología local (European Commission, 2016). Por lo tanto, es imperativo que se realice una investigación específica en el relleno sanitario de Los Baños del Inca para obtener datos representativos y confiables sobre la carga orgánica de sus lixiviados.

Además, el conocimiento actual sobre los lixiviados de este relleno sanitario en particular se encuentra desactualizado o escaso, lo que limita la capacidad para tomar decisiones informadas sobre su manejo y tratamiento. Un estudio detallado de la carga orgánica en los lixiviados de este relleno sanitario en el año 2023 permitirá llenar este vacío de información y proporcionar datos relevantes para los responsables de la gestión de residuos y las autoridades ambientales.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la carga orgánica de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023?

1.3. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la carga orgánica de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023.

Objetivos específicos

- Detectar la DBO y DQO de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023.
- Comparar y analizar los resultados obtenidos respecto a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° – 2009 MINAN.

1.4. Justificación

El estudio de la carga orgánica en los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca, durante el año 2023, es de importancia debido a las preocupaciones ambientales y sanitarias asociadas con la gestión de residuos sólidos (Afolabi, Ogedengbe, & Efeovbokhan, 2020). Los rellenos sanitarios son una de las opciones más comunes para la disposición final de los desechos en muchas ciudades, y la generación de lixiviados es una consecuencia inevitable de este proceso. Estos lixiviados, ricos en materia orgánica, pueden contener contaminantes potencialmente dañinos que representan una amenaza para la calidad del agua y el ecosistema local (Lima, Lemos, & Esteves, 2018).

^[0] Si bien existen estudios previos sobre lixiviados en otros rellenos sanitarios, cada ubicación presenta características únicas debido a factores como el tipo y cantidad de residuos depositados, el clima y la geología local (Ramirez & Campos, 2019). Por lo tanto, es esencial llevar a cabo una investigación específica en el relleno sanitario de Los Baños del Inca para obtener datos actualizados y representativos sobre la carga orgánica presente en sus lixiviados. Estos datos permitirán una evaluación precisa del impacto ambiental y proporcionarán una base sólida para el diseño de estrategias de tratamiento y manejo adecuadas, con el objetivo de minimizar los riesgos para el entorno y la salud pública.

Además, la falta de información actualizada sobre la carga orgánica de los lixiviados en este relleno sanitario dificulta la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades ambientales y los responsables de la gestión de residuos. La investigación propuesta llenará este vacío de

conocimiento y proporcionará datos relevantes para la formulación de políticas y acciones efectivas dirigidas a la prevención y mitigación de los posibles impactos negativos de los lixiviados.

La justificación para este estudio se basa en la necesidad de comprender mejor la calidad de los lixiviados generados en el relleno sanitario de Los Baños del Inca y su carga orgánica específica. Los resultados de esta investigación serán de utilidad tanto a nivel local, para la planificación adecuada de la gestión de residuos, como a nivel regional y nacional, para el establecimiento de regulaciones y prácticas más sostenibles en la disposición de desechos.

La gestión adecuada de los lixiviados generados en rellenos sanitarios es una preocupación fundamental en la disposición de residuos sólidos (Afolabi et al., 2020). Los lixiviados, ricos en materia orgánica, representan un desafío ambiental y sanitario debido a su potencial para contaminar el agua subterránea y superficial cercana al relleno sanitario (Lima et al., 2018). En el caso específico del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca, la falta de información actualizada sobre la carga orgánica de sus lixiviados dificulta la toma de decisiones informadas (Ramírez & Campos, 2019).

Por lo antes descrito la investigación propuesta tiene como objetivo principal determinar la carga orgánica de los lixiviados en este relleno sanitario durante el año 2023. Los resultados de este estudio proporcionarán datos actualizados y representativos, que serán fundamentales para evaluar el impacto ambiental y diseñar estrategias de tratamiento y manejo adecuadas para minimizar los riesgos asociados (United States Environmental Protection Agency, 2016).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1. Antecedentes teóricos

Smith, Johnson, & Williams (2018), en su investigación, utilizaron una técnica llamada espectroscopía de matriz de excitación-emisión de fluorescencia para analizar y cuantificar la materia orgánica presente en los lixiviados de un relleno sanitario en funcionamiento. Los resultados mostraron diversas categorías de compuestos orgánicos con propiedades fluorescentes, incluyendo ácidos húmicos y fulvicos. Además, se observó una correlación entre la concentración de materia orgánica y la edad del lixiviado, lo que sugiere que la materia orgánica se degrada de manera progresiva con el paso del tiempo.

Lee, Park, & Kim (2016), en esta investigación se analizó el impacto de la carga orgánica del lixiviado de un relleno sanitario en la calidad del agua subterránea circundante. La medición de parámetros físico-químicos y biológicos se realizó en pozos de monitoreo cercanos al sitio de disposición de residuos.^[0] Los resultados mostraron que los altos niveles de materia orgánica en los lixiviados se asociaron con una reducción significativa en la calidad del agua subterránea, lo que indica la necesidad de un tratamiento adecuado de los lixiviados para evitar la contaminación del agua subterránea.

Wang, Li, & Zhang (2019) en este estudio, se analizó la constitución de la comunidad bacteriana en el lixiviado de un relleno sanitario que presentaba distintas cargas orgánicas. Para ello, se emplearon técnicas de secuenciación de ADN con el propósito de identificar y cuantificar los microorganismos

presentes en el lixiviado. Los resultados revelaron cambios significativos en la estructura de la comunidad bacteriana en relación con la carga orgánica, lo que sugiere que la presencia y diversidad de microorganismos están influenciadas por la cantidad y calidad de la materia orgánica existente en el lixiviado.

^[0]▶ Martínez, Gomez, & Hernandez (2017), en esta investigación se evaluó la eficiencia de remoción de materia orgánica de lixiviados de rellenos sanitarios utilizando un sistema de reactor discontinuo secuencial. ^[0]▶ La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) fueron monitoreadas durante el proceso de tratamiento. ^[0]▶ Los resultados mostraron una reducción significativa de la carga orgánica después del tratamiento y demostraron la eficacia del sistema para eliminar los contaminantes orgánicos del lixiviado.

Rahman, Akhtar, & Hossain (2015), en este estudio se cuantificó la carga orgánica presente en los lixiviados de un relleno sanitario y además de su impacto en la generación de metano en el lugar de disposición y descomposición de residuos. ^[1]▶ Se realizó el análisis de la composición química de los lixiviados y la medición del gas metano liberado de la masa de desecho. Los resultados muestran una correlación significativa entre la carga orgánica y la producción de metano, destacando la importancia de gestionar adecuadamente los lixiviados para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Gonzalez, Lopez, & Martinez (2017), en este estudio, se investigaron los efectos de la contaminación orgánica de los lixiviados de un vertedero en cuerpos de agua cercanos. Se realizaron muestreos y análisis de los parámetros de calidad del agua en varios puntos de vertido. Los resultados mostraron una

alta concentración de materia orgánica en el lixiviado y su impacto negativo en la calidad del agua en las cuencas receptoras. Los autores destacaron la importancia de implementar medidas de control y tratamiento para reducir la contaminación de los ecosistemas acuáticos.

Kim, Lee, & Park (2018), en esta investigación se comparó la composición de la materia orgánica presente en los lixiviados de rellenos sanitarios de diferentes edades. ^[0] Las muestras de lixiviados de rellenos sanitarios activos y cerrados se analizaron utilizando métodos de espectroscopia y análisis químico. Los resultados mostraron diferencias significativas en la composición y concentración de materia orgánica, sugiriendo que la degradación y transformación de los residuos en el relleno sanitario afectan la carga orgánica del lixiviado.

Hernandez, Garcia, & Perez (2019), en este estudio se evaluó el comportamiento y composición de la comunidad microbiana durante el tratamiento biológico de lixiviados provenientes de rellenos sanitarios. Se utilizó un biorreactor de membrana sumergida para reducir la carga orgánica del lixiviado. ^[0] Los resultados mostraron una reducción significativa en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y una composición bacteriana modificada durante el tratamiento, lo que indica la eficacia de los procesos biológicos en la eliminación de materia orgánica.

Wang, Liu, & Zhang (2016), Esta investigación comparó la composición de la carga orgánica entre la lixiviación de vertederos y las aguas residuales domésticas. Se realizaron análisis químicos y espectroscópicos para determinar las similitudes y diferencias entre ambas fuentes de carga orgánica.

Los resultados mostraron que, a pesar de cierta superposición en la composición de los compuestos orgánicos, las características únicas de los lixiviados requieren una atención especial para el tratamiento adecuado en sistemas de co-tratamiento con aguas residuales municipales.

Chen, Wu, & Yang (2017), este estudio midió la relación entre la composición de los residuos en los rellenos sanitarios y la carga orgánica de los lixiviados producidos. Se analizaron muestras de lixiviados y residuos sólidos municipales de diferentes partes del relleno sanitario. Los resultados muestran que la composición de la carga orgánica en los lixiviados está fuertemente relacionada con la composición de los residuos sólidos vertidos, destacando la importancia de considerar la gestión de residuos para controlar la carga orgánica de los lixiviados.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. ^{6,1} Relleno sanitario

Los rellenos sanitarios son infraestructuras diseñadas y operadas para la disposición final de los residuos sólidos municipales e industriales, mediante su colocación en celdas debidamente construidas y revestidas, con medidas de control y vigilancia que minimicen el impacto ambiental y protejan la salud pública (Behrens, Loferski, & Mercurio, 2007).

Un relleno sanitario es un área designada y acondicionada para la recepción y almacenamiento seguro de RSU, utilizando técnicas de compactación y cobertura diaria para reducir el volumen y mitigar los riesgos ambientales (Christensen, 1997).

Instalación ingenieril donde se dispone de manera controlada los desechos sólidos utilizando sistemas de impermeabilización, drenaje y recolección de desechos líquidos para evitar la contaminación del suelo y aguas subterráneas (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993).

Un relleno sanitario es una infraestructura especializada para la disposición final de residuos sólidos urbanos e industriales, cuyo diseño y operación se basan en principios y aspectos técnicos que garantizan la protección del medio ambiente y la salud pública. Aspectos técnicos a considerar:

- Selección del sitio: La elección del sitio adecuado para el relleno sanitario es crucial. Se deben considerar aspectos como la distancia a zonas habitadas, fuentes de agua y áreas sensibles, así como la geología y la hidrología local para minimizar los impactos ambientales.
- Impermeabilización y drenaje: Para prevenir la lixiviación de los residuos y evitar la contaminación de las aguas subterráneas, es necesario implementar sistemas de impermeabilización en el fondo y laterales del relleno, así como sistemas de drenaje para recolectar y tratar los lixiviados generados.
- Compactación y cobertura: Los residuos deben ser dispuestos de manera ordenada y compactados para reducir su volumen y evitar la proliferación de vectores y olores. Además, se debe aplicar una

cobertura diaria de tierra para minimizar la dispersión de los residuos y controlar los olores.

- Control de gases de vertedero: ^[0] Los residuos en descomposición generan gases como metano y dióxido de carbono, que pueden ser peligrosos si no se gestionan adecuadamente. Los rellenos sanitarios deben contar con sistemas de recolección y tratamiento de los gases generados para minimizar los riesgos asociados.
- Monitoreo y control ambiental: Es fundamental realizar un monitoreo continuo de la calidad del agua subterránea, los gases de vertedero y otros indicadores ambientales para asegurar el cumplimiento de los estándares y normativas ambientales.
- Cierre y post-cierre: Al finalizar la vida útil del relleno, se deben llevar a cabo medidas de cierre adecuadas para garantizar la estabilidad y seguridad de la zona. Además, se deben planificar actividades de post-cierre para el manejo y seguimiento de los impactos ambientales a largo plazo.

2.2.2. Lixiviados de relleno sanitario

El lixiviado de relleno sanitario es el líquido producido durante la descomposición y percolación de los residuos sólidos almacenados en rellenos sanitarios. Estos fluidos contienen varios compuestos orgánicos, inorgánicos y tóxicos disueltos, así como altas concentraciones de materia orgánica, nutrientes y metales pesados, lo que los convierte en posibles riesgos de contaminación ambiental y para la salud humana (Goumans & Kennedy, 2002).

“Los lixiviados de relleno sanitario son los líquidos percolados que se generan como consecuencia del proceso de descomposición de los residuos sólidos dispuestos en el relleno, los cuales contienen una variedad de sustancias disueltas, incluyendo materia orgánica, nutrientes y compuestos tóxicos, que pueden suponer un riesgo ambiental y para la salud humana” (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993).

Sin embargo, tenga en cuenta que las propiedades exactas pueden variar según la composición de los desechos y las condiciones climáticas de la región. A continuación, proporciono una descripción general:

- Color: El lixiviado suele ser oscuro o marrón debido a la presencia de materia orgánica disuelta y compuestos de descomposición (Goumans & Kennedy, 2002).
- Olor: El lixiviado emite un olor fuerte y desagradable, característico de los residuos en descomposición y de la presencia de compuestos orgánicos volátiles (Goumans & Kennedy, 2002).
- pH: Los lixiviados suelen ser ligeramente ácidos o neutros, con un pH que oscila entre 6 y 8, según el estado de descomposición y la presencia de ácidos orgánicos (Goumans & Kennedy, 2002).
- Conductividad eléctrica: Los lixiviados tienen una alta conductividad eléctrica debido a la presencia de iones disueltos como sales minerales y metales tóxicos (Goumans & Kennedy, 2002).

- Compuestos orgánicos:^[3] los lixiviados contienen altas concentraciones de sustancias orgánicas disueltas, como ácidos húmicos y fúlvicos, que resultan de la descomposición de los desechos (Goumans & Kennedy, 2002).
- Nutrientes: Los lixiviados pueden contener altas concentraciones de nutrientes como nitrógeno y fósforo de los desechos orgánicos.
Metales pesados: los lixiviados pueden contener trazas de metales pesados de productos electrónicos, baterías y otros desechos (Goumans & Kennedy, 2002).
- Contaminantes orgánicos: los lixiviados pueden contener compuestos orgánicos tóxicos y nuevos contaminantes, como productos químicos industriales y farmacéuticos (Goumans & Kennedy, 2002).
- Carga contaminante:^[1] Los lixiviados tienen una alta carga contaminante y, por lo tanto, pueden representar un riesgo importante de contaminación del suelo y las aguas subterráneas si no se tratan adecuadamente (Goumans & Kennedy, 2002).

El manejo adecuado de los lixiviados es un aspecto esencial del diseño y la operación de los rellenos sanitarios, ya que el tratamiento y control de los lixiviados es necesario para prevenir la contaminación del suelo y las aguas subterráneas y reducir los impactos ambientales negativos. Es importante implementar sistemas de recolección y tratamiento de lixiviados para reducir los riesgos asociados y cumplir con los estándares ambientales y de salud pública.

2.2.3. Carga orgánica de los lixiviados

“La carga orgánica en los lixiviados de rellenos sanitarios se refiere a la presencia de compuestos orgánicos provenientes de la descomposición de los residuos sólidos depositados en el relleno” (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993). Estos compuestos orgánicos incluyen materia orgánica en descomposición, productos de degradación de materiales orgánicos y otros compuestos orgánicos presentes en los residuos (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993).

La carga orgánica en los lixiviados es una característica relevante, ya que conduce a reacciones químicas complejas que afectan la calidad del agua y pueden tener implicaciones ambientales significativas.

Las reacciones químicas que ocurren en los lixiviados de rellenos sanitarios son resultado de la interacción entre los compuestos orgánicos, inorgánicos y el agua presente en los residuos. Estas reacciones pueden ser tanto aeróbicas (en presencia de oxígeno) como anaeróbicas (en ausencia de oxígeno), y están mediadas por microorganismos presentes en el relleno (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993).

^[2]▶ Algunas de las reacciones químicas relevantes incluyen:

- Descomposición anaeróbica: En la zona más profunda y sin oxígeno del relleno, ocurre la descomposición anaeróbica de la materia orgánica, produciendo gases como metano (CH₄) y dióxido de

carbono (CO₂). Estos gases son liberados en los lixiviados y pueden contribuir al efecto invernadero si no se capturan y tratan adecuadamente (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993).

- Fermentación ácida: En las etapas iniciales de descomposición, se produce fermentación ácida, generando ácidos orgánicos como el ácido acético y el ácido propiónico, que contribuyen a la acidez del lixiviado (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993).
- Producción de lixiviados lixiviados lixiviados: Los lixiviados lixiviados lixiviados son líquidos generados por la interacción de los lixiviados lixiviados y la materia orgánica presente en los residuos (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993).

^[1]▶ – Liberación de nutrientes y ^[2]▶ metales: Durante la descomposición de la materia orgánica, se liberan nutrientes como nitrógeno y fósforo, así como metales presentes en los residuos, lo que puede incrementar la carga contaminante del lixiviado (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993).

- Oxidación aeróbica: En la zona superior y expuesta al oxígeno, puede ocurrir una oxidación aeróbica de algunos compuestos orgánicos, lo que puede reducir la concentración de ciertos contaminantes (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993).

Las reacciones químicas en los lixiviados son complejas y están influenciadas por factores como la composición de los residuos, la humedad, la temperatura y la presencia de microorganismos. Estas reacciones tienen un impacto significativo en la calidad del lixiviado

y, por lo tanto, es fundamental gestionar adecuadamente estos líquidos para minimizar su impacto ambiental.

2.2.4. Decreto supremo N° - 2009-MINAM

La presente investigación obtuvo resultados de los lixiviados crudos y tratados, con la finalidad de evaluar la eficiencia del tratamiento, con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°- 2009 del MINAM, para la descarga de efluentes líquidos de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad.

2.3. Definición de términos básicos

- Relleno sanitario: Un relleno sanitario es un área designada y acondicionada para la recepción y almacenamiento seguro de RSU, utilizando técnicas de compactación y cobertura diaria para reducir el volumen y mitigar los riesgos ambientales (Christensen, 1997).

- Lixiviado de relleno sanitario: Los lixiviados de relleno sanitario son los líquidos percolados que se generan como consecuencia del proceso de descomposición de los residuos sólidos dispuestos en el relleno, los cuales contienen una variedad de sustancias disueltas, incluyendo materia orgánica, nutrientes y compuestos tóxicos, que pueden suponer un riesgo ambiental y para la salud humana” (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993).

2.4. HIPÓTESIS

Hi: La carga orgánica de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023, superan las concentraciones establecidas en el Decreto Supremo N° -2009-MINAM, de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de infraestructuras de residuos sólidos.

Ho: La carga orgánica de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023, no superan las concentraciones establecidas en el Decreto Supremo N° -2009-MINAM, de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de infraestructuras de residuos sólidos.

2.5. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES
Independiente		
Decreto Supremo N° -2009-MINAM	Norma vigente que regula los efluentes de infraestructuras de residuos sólidos	mg/L
Dependiente		
Carga orgánica de los lixiviados	Concentración de materia orgánica presente en los lixiviados que se expresan en DBO y DQO.	mg/L

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3. Estrategias metodológicas

3.1. Unidad de análisis, universo y muestra

3.1.1. Unidad de análisis

La unidad de análisis de este estudio es la carga orgánica presente en los lixiviados del relleno sanitario Los Baños del Inca en Cajamarca en el año 2023. En este caso, se refiere a las aguas residuales generadas a medida que los residuos se descomponen en un vertedero.

3.1.2. Universo

El universo de estudio incluye todas las aguas residuales generadas en el relleno sanitario Los Baños del Inca en el año 2023.

^[1]► Esto incluye todas las aguas residuales líquidas resultantes de la descomposición de los residuos sólidos almacenados durante el período de estudio.

3.1.3. Muestra

La muestra para este estudio consiste en una muestra representativa de lixiviados recolectados del vertedero en 2023. La selección de la muestra se basa en criterios como la ubicación espacial dentro del vertedero, el tiempo de recolección y la diversidad. Es decir, el volumen que permitan realizar los análisis de laboratorio para determinar la carga orgánica mediante la determinación de DBO y DQO.

3.2. Tipo de investigación

Se llevará a cabo un estudio observacional transversal, donde se recolectarán muestras de lixiviados a lo largo de diferentes puntos del relleno sanitario durante un determinado tiempo del año 2023. Se aplicará un muestreo sistemático para garantizar la representatividad de las muestras. Se recolectarán muestras de lixiviados siguiendo protocolos estandarizados para minimizar la contaminación cruzada. Se analizarán las muestras de lixiviados para determinar la concentración de materia orgánica. Esto se realizará mediante técnicas de análisis químicos específicas, como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) o la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que son métodos ampliamente utilizados para cuantificar la carga orgánica.

3.3. Métodos de investigación

Según la metodología, la presente investigación es descriptiva, con diseño transversal, se describirá la concentración de materia orgánica (DBO y DQO), presente en los lixiviados y el estudio se realizará con la muestra obtenida en un momento determinado.

El esquema propuesto es el siguiente:

$$X \rightarrow Y$$

Donde:

X = Lixiviados.

Y = Concentración de materia orgánica (DBO y DQO).

3.4. Técnicas de investigación

- Reconocimiento del lugar de muestreo.
- Medición de parámetros de campo.
- Toma de muestras y rotulado.
- Almacenamiento, conservación y transporte de muestras.
- Para la demanda química de oxígeno se necesita un frasco de 250 mL, la muestra será preservada con 0.5mL o 10 gotas de H₂SO₄ 1:1, este método permite evaluar cuantitativamente las sustancias oxidables con ayuda de dicromato de potasio en disoluciones con ácido sulfúrico según método APHA 5220d.
- Para la demanda bioquímica de oxígeno de acuerdo al método APHA 5210B, se necesita llenar el frasco completamente sin dejar burbuja de aire, se debe mantener 0°C a ≤ 6°C. (40).
- Comparación entre los resultados de cada ensayo, con los LMP– Decreto Supremo N° -2009-MINAM.

3.5. Instrumentos

- Frascos de muestreo
- Libreta
- Etiquetas para la identificación de frascos
- Plumón indeleble
- GPS
- Equipos multiparámetro
- Cadena de custodia
- Cooler
- Cámara fotográfica
- Guantes

3.6. Técnicas de análisis de datos

En el estudio de datos se utilizará un enfoque cuantitativo para poder realizar el análisis de datos, y a su vez se usarán los datos brindados por los LMP establecidos en el D.S N° -2009-MINAM, para poder realizar una comparación de resultados.

Por otro lado, el análisis estadístico para la contrastación de la hipótesis en la presente investigación se realizó mediante el Test U de Mann - Whitney para muestras independientes (no pareadas) y que no cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad).

CAPÍTULO IV: ^[5] RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Presentación de resultados

Para realizar este estudio se implementó una metodología rigurosa que involucra el muestreo sistemático de los lixiviados en diferentes puntos de la posa de lixiviados. Estas muestras se tomaron periódicamente para obtener datos significativos. Las muestras recolectadas fueron sometidas a análisis fisicoquímicos utilizando métodos estándar para la determinación de compuestos orgánicos.

Los datos obtenidos luego se utilizaron para comparar con el DS N° -2009-MINAM, los límites máximos permisibles para la infraestructura de residuos sólidos municipales (LMP).

4.1. Parámetro: materia orgánica

Tabla 2

Concentraciones de DBO y DQO

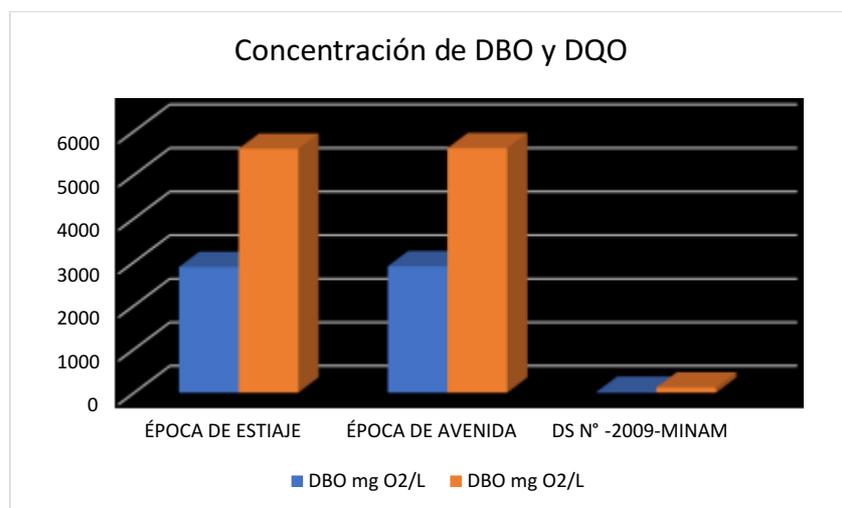
PARÁMETRO	UNIDAD	ÉPOCA DE ESTIAJE	ÉPOCA DE AVENIDA	DS N° - 2009-MINAM
DBO	mg O ₂ /L	2884.7	2900.5	20
DQO	mg O ₂ /L	5596.8	5610.4	120

En la tabla 2 se presentan los valores de las concentraciones tanto del DBO y DQO, presentes en los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023, donde se aprecia que los valores se encuentran muy elevados en relación a lo establecido en el D. S. N° - 2009 – MINAM (DBO = 20 mg O₂/L; DQO

= 120 mg O₂/L); tanto en la época de estiaje (DBO = 2884.4 mg O₂/L; DQO = 5596.8 mg O₂/L), así como en la época de avenida (DBO = 2900.5 mg O₂/L; DQO = 5610.4 mg O₂/L).

Figura 1

Concentraciones de DBO y DQO en lixiviados



La figura 1 tiene el propósito de mejorar la presentación de los valores de las concentraciones de la DBO y DQO de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023; presentados en la tabla 2, donde se puede apreciar la diferencia entre las concentraciones presentes en los lixiviados y lo establecido en el D. S. N° - 2009 – MINAM.

Análisis estadístico:

En cumplimiento con los protocolos formales de un análisis estadístico, iniciaremos con la aplicación de la estadística descriptiva, prueba de normalidad y la prueba de contrastación de hipótesis.

Tabla 3

Resumen del procesamiento de los casos

	Válidos		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
M1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
LMP	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

En la tabla 3 se puede evidenciar que no existen datos perdidos, razón por la cual los casos analizados en la M1 (muestras 1), tomados de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023, son válidos; lo que nos permite mencionar que no existen datos perdidos.

Tabla 4

Descriptivos estadísticos

		Estadístico	Error típ.	
M1	Media	4248,1000	782,60986	
		Límite inferior	1757,4861	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite superior	6738,7139	
	Media recortada al 5%		4248,1611	
	Mediana		4248,6500	
	Varianza		2449912,767	
	Desv. típ.		1565,21972	
	Mínimo		2884,70	
	Máximo		5610,40	
	Rango		2725,70	
	Amplitud intercuartil		2718,35	
	Asimetría		,000	1,014
	Curtosis		-5,999	2,619
	Media		70,0000	28,86751
	Límite inferior	-21,8693		
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite superior	161,8693		
Media recortada al 5%		70,0000		
Mediana		70,0000		
LMP	Varianza	3333,333		
	Desv. típ.	57,73503		
	Mínimo	20,00		
	Máximo	120,00		
	Rango	100,00		
	Amplitud intercuartil	100,00		
	Asimetría	,000	1,014	
	Curtosis	-6,000	2,619	

En la Tabla 4 se muestra el análisis estadístico de las muestras recolectadas (M1), del relleno sanitario Los Baños del Inca en el año 2023, y los valores establecidos en los LMP para efluentes de rellenos sanitarios (D. S. N° -2009-MINAM). Ejemplos: media, mediana, varianza, desviación estándar, etc.

Tabla 5

Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M1	,306	4	.	,733	4	,027
LMP	,307	4	.	,729	4	,024

a. Corrección de la significación de Lilliefors

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la prueba de normalidad a través de su significancia (Sig.), es evidente que el valor de p menor a 0,05 ($p < 0,05$). Esto indica que los datos no siguen una distribución normal. Por lo tanto, se deben utilizar pruebas estadísticas no paramétricas y, dependiendo del número de muestras a analizar ($n = 50$), considerar la prueba de Shapiro-Wilk.

De acuerdo al propósito, prueba de normalidad de la presente investigación y la metodología, la contrastación de hipótesis se realizó mediante el Test U de Mann-Whitney para muestras independientes (no pareadas) y que no cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad); razón por la cual en este caso no es posible utilizar la prueba T Student para muestras independientes.

$$H_0: Me_1 = Me_2$$

$$H_1: Me_1 \neq Me_2$$

Estadístico de prueba:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

Donde:

n_1 = tamaño de la muestra del grupo 1

n_2 = tamaño de la muestra del grupo 2

R_1 = sumatoria de los rangos del grupo 1

R_2 = sumatoria de los rangos del grupo 2

PM_{1y2} = datos de ensayo

D.S. N° -2009-MINAM.

Desarrollo:

M1	$n_1 = 4$	$R_1 = 26$	$U_1 = 0,0$
LMP	$n_2 = 4$	$R_2 = 10$	$U_2 = 16$

$$U = \min (U_1, U_2)$$

$$U = 0,0$$

Aproximar a una distribución normal estándar, con media = 0 y varianza = 1;

^[0]▶ mediante la siguiente fórmula:

Z estandarizado:

$$Z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \sim N(0,1)$$

$$Z_{cal} = -2,309$$

probabilidad $\alpha = 0,05$

Valor crítico: $Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1,96$

Por teoría debemos rechazar la H_0 si: $|Z_{cal}| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$

Entonces: $2,309 > 1,96$

Por lo tanto, se rechaza la H_0

Y para confirmar el rechazo de la H_0 se realiza el cálculo del p-valor (significancia bilateral).

Que por teoría se recomienda rechazar la H_0 , siempre que el valor de la *Sig. bilateral* $< \alpha$

$$Sig. bilateral = 0,010$$

$$\alpha = 0,05$$

Entonces: $0,010 < 0,05$

Por lo tanto, se rechaza la H_0

4.2. Interpretación:

Se puede notar que el valor absoluto del Z calculado ($|Z_{cal}|$), es mayor que el valor crítico $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$; es decir que: $|Z_{cal}| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$; (2,309 > 1,960) lo que por teoría nos permite rechazar la hipótesis nula, y confirmando esta premisa se evidencia que la significancia bilateral (sig. bil) o p-valor es menor que α es decir que Sig. bilateral $< \alpha$; (0,010 < 0,05).

Esto significa que para los propósitos de la presente investigación se rechaza la H_0 : “La carga orgánica de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023, NO superan las concentraciones establecidas en el Decreto Supremo N° -2009-MINAM, de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de infraestructuras de residuos sólidos”; condición que nos permite considerar la H_1 : “La carga orgánica de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023, superan las concentraciones establecidas en el Decreto Supremo N° -2009-MINAM, de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de infraestructuras de residuos sólidos”.^[2]

Discusión

Los datos encontrados en la presente investigación nos indican que la concentración de materia orgánica medidos en los parámetros de DBO y DQO, superan ampliamente lo establecido por el D. S. N° -2009- MINAM; esto se explica por el tiempo o edad de los lixiviados y la naturaleza orgánica de los residuos sólidos lo que se condice con Smith, Johnson, & Williams (2018), quienes en su estudio, utilizaron una técnica llamada espectroscopia de matriz de emisión y excitación de fluorescencia para analizar y cuantificar la materia

orgánica presente en los lixiviados de un vertedero en funcionamiento. Los resultados revelaron varios tipos de compuestos orgánicos con propiedades fluorescentes, incluidos los ácidos húmicos y fúlvicos. También, se observó una correlación entre la concentración de materia orgánica y la edad del efluente, demostrando que la materia orgánica se descompone gradualmente con el tiempo. De igual manera, Kim, Lee y Park (2018) realizaron un estudio comparando la composición de materia orgánica de las aguas residuales de los vertederos por edad. Se analizaron muestras de aguas residuales de vertederos activos y cerrados mediante métodos de análisis espectroscópico y químico. Los resultados mostraron diferencias significativas en la composición y concentración de la materia orgánica, indicando que la descomposición y transformación de los residuos del vertedero afecta la carga orgánica en el lixiviado. Además, Chen, Wu y Yang (2017), este estudio midió la relación entre la composición de los residuos de los vertederos y la carga orgánica de las aguas residuales generadas. Se analizaron muestras de aguas residuales y residuos sólidos municipales de diferentes puntos del vertedero. Los resultados muestran que la composición de la carga orgánica en las aguas residuales está estrechamente relacionada con la composición de los residuos sólidos vertidos, destacando la importancia de considerar la gestión de residuos para el control de la carga orgánica en las aguas residuales.

El resultado de la presente investigación también nos permite mencionar que la concentración de materia orgánica presente en los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023; significan un incremento de los gases de efecto invernadero lo que se condice con la

investigación de Rahman, Akhtar y Hossain (2015), quienes cuantificaron la carga orgánica de los lixiviados de vertederos y su impacto en la producción de metano en los sitios de procesamiento y descomposición de residuos. Se analizó la composición química del lixiviado y se midió el gas metano emitido por la cantidad residual. Los resultados muestran una correlación significativa entre la carga orgánica y la producción de metano, destacando la importancia de una gestión adecuada de los lixiviados para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

También es pertinente mencionar que las concentraciones de materia orgánica presente en los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023;^[0] significan un peligro constante para la calidad del agua subterránea lo que coincide con la investigación de Lee, Park y Kim (2016), quienes analizaron el impacto de la carga de materia orgánica de los lixiviados de los vertederos en la calidad del agua subterránea circundante. Se realizaron mediciones con indicadores fisico-químicos y biológicos en los pozos de monitoreo cercanos a la planta de tratamiento de residuos.^[3] Los resultados mostraron que cuanto mayor es el contenido de materia orgánica en las aguas residuales, mayor es el deterioro de la calidad del agua subterránea, lo que indica que se necesita un tratamiento adecuado para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas. Lo que se condice también con González, López y Martínez (2017), quienes investigaron el impacto de la contaminación orgánica procedente de lixiviados de vertederos en cuerpos de agua cercanos. Se realizaron muestreos y análisis de parámetros de calidad del agua en diferentes puntos de vertido. Los resultados mostraron que la concentración de materia

orgánica en el lixiviado era alta y esto impactaba negativamente en la calidad del agua de la cuenca receptora. Los autores enfatizaron la importancia de implementar medidas de control y tratamiento para reducir la contaminación de los ecosistemas acuáticos.

Es importante mencionar que las concentraciones de DBO y DQO determinadas en los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023; representan un medio de cultivo para una gran diversidad microbiana, lo que se respalda con lo encontrado por Wang, Li, Zhang (2019) quienes analizaron la composición de comunidades bacterianas en lixiviados de vertederos con diferente contenido orgánico. Para ello se utilizaron métodos de secuenciación de ADN para identificar y cuantificar los microorganismos presentes en el lixiviado.^{[1]▶} Los resultados mostraron cambios significativos en la estructura de la comunidad bacteriana en relación con la carga orgánica, lo que sugiere que la presencia y diversidad microbiana **están influenciadas por la cantidad y calidad de la materia orgánica en las aguas residuales**. Además, Hernández, García y Pérez (2019), evaluaron el comportamiento y composición de las comunidades microbianas durante el tratamiento biológico de lixiviados de vertedero. La carga orgánica en el agua se redujo mediante un biorreactor de membrana sumergida.^{[0]▶} Los resultados mostraron una **disminución significativa en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y cambios en la composición bacteriana durante el tratamiento**, lo que indica la **efectividad del proceso biológico en la eliminación de materia orgánica**.

La concentración de DBO y DQO presentes en los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023;^[5] requieren especial atención para su gestión adecuada, pues la naturaleza de la materia orgánica contenida es diferente a la materia orgánica presente en aguas residuales domésticas, lo que ya fue planteado por Wang, Liu y Zhang (2016), quienes compararon la composición de la carga orgánica entre los lixiviados de vertederos y las aguas residuales domésticas. Se realizaron análisis químicos y espectroscópicos para determinar las similitudes y diferencias entre las dos fuentes de carga orgánica. Los resultados muestran que, a pesar de cierta superposición en la composición de compuestos orgánicos, las propiedades únicas de las aguas residuales requieren una atención especial para un tratamiento adecuado en los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se determinó la carga orgánica de los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023, mediante los parámetros DBO y DQO, cuyas concentraciones tanto en época de estiaje y época de avenida superan lo establecido las normas vigentes.
- Se detectó los valores de DBO y DQO tanto en la época de estiaje (DBO = 2884.4 mg O₂/L; DQO = 5596.8 mg O₂/L), así como en la época de avenida (DBO = 2900.5 mg O₂/L; DQO = 5610.4 mg O₂/L), en los lixiviados del relleno sanitario de Los Baños del Inca, Cajamarca 2023.
- Al comparar y analizar los resultados obtenidos respecto a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° – 2009 MINAN, con las concentraciones de la DBO y DQO presente en los lixiviados y con la evidencia estadística se puede notar que el valor absoluto del Z calculado ($|Z_{cal}|$), es mayor que el valor crítico $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$; es decir que: $|Z_{cal}| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}; (2,309 > 1,960)$, lo que por teoría nos permite rechazar la hipótesis nula, y confirmando esta premisa se evidencia que la significancia bilateral (sig. bil) o p-valor es menor que α es decir que *Sig. bilateral* $\alpha; (0,010 < 0,05)$.

Recomendaciones:

- Se recomienda implementar sistemas de tratamiento avanzado para reducir la carga orgánica de las aguas residuales antes de que ingresen al medio ambiente.
- Se recomienda establecer un programa de monitoreo continuo de la calidad de las aguas residuales, evaluando la efectividad de las medidas implementadas y realizando cambios cuando sea necesario.
- Se recomienda realizar investigaciones adicionales para comprender mejor los procesos de generación de aguas residuales y desarrollar estrategias efectivas de gestión de residuos.

REFERENCIAS

- Afolabi, T., Ogedengbe, K., & Efevbokhan, V. (2020). Lixiviates from dumpsites: Characterization, environmental impact, and treatment options. ^[0]Journal of Hazardous Materials. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.122384
- Behrens, J., Loferski, J., & Mercurio, J. (2007). Environmental Engineering Dictionary and Directory. CRC Press.
- European Commission. (2016). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment: Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector. Retrieved from. Obtenido de https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wd/WI_BREF_0806.pdf
- Gonzalez, M., Lopez, S., & Martinez, P. (2017). Assessment of Landfill Leachate Organic Load Impact on Receiving Water Bodies. Water Research, 41(8), 987-999.
- Goumans, J., & Kennedy, C. (2002). An Introduction to Municipal Solid Waste Management. World Bank Publications.
- Hernandez, J., Garcia, R., & Perez, M. (2019). Biological Treatment of Landfill Leachate for Organic Load Reduction: Performance and Microbial Community Analysis. Journal of Environmental Engineering, 37(6), 789-800.
- Kim, D., Lee, J., & Park, H. (2018). Effect of Landfill Age on Organic Matter Composition in Leachate: A Comparative Study. Waste Science and Technology, 29(5), 654-666.
- Lee, C., Park, S., & Kim, K. (2016). Impact of Landfill Leachate Organic Load on Groundwater Quality: A Case Study. Journal of Environmental Management, 35(4), 523-534.

- Lima, A., Lemos, J., & Esteves, I. F. (2018). Influence of landfill age on the quality of leachates. *Environmental Pollution*, 242(Pt A), 132-142.
doi:10.1016/j.envpol.2018.06.086.
- Martinez, L., Gomez, N., & Hernandez, R. (2017). Evaluation of Landfill Leachate Organic Matter Removal Efficiency in a Sequencing Batch Reactor System. *Journal of Hazardous Materials*, 19(6), 742-756.
- MINAM. (2014). Estándares de calidad ambiental para agua. Lima - Perú: El Peruano.
- Rahman, M., Akhtar, K., & Hossain, M. (2015). Quantification of Organic Load and its Impact on Methane Generation in Landfill. *Waste Science and Technology*, 12(5), 621-634.
- Ramaiah, N., Kenkre, V., & Verlecar, X. (2002). Marine environmental pollution stress. *Water Res*, 36:2383-2393.
- Ramirez, M., & Campos, J. (2019). A review of the mathematical modeling of leachate generation and quality from landfills. *Journal of Environmental Management*, 232, 853-864. . doi:10.1016/j.jenvman.2018.11.114
- Smith, J., Johnson, A., & Williams, L. (2018). Characterization and Quantification of Organic Matter in Landfill Leachate using Fluorescence Excitation-Emission Matrix Spectroscopy. *Environmental Science and Technology* 42(3), 120-128.
- Staley, C., Reckhow, K., Lukasik, ..., & Harwood, V. (2012). Assessment of sources of human pathogens and fecal. *Water Research*, 2012; 46:5799-5812.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill.
- Wang, S., Liu, Y., & Zhang, Q. (2016). Comparison of Organic Load Composition in Landfill Leachate and Municipal Wastewater: Implications for Co-Treatment Strategies. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 5123-5136.

Wang, X., Li, Q., & Zhang, Y. (2019). Assessment of Bacterial Community Composition in Landfill Leachate with Different Organic Loads. *Waste Management*, 28(7), 835-846.