



Esta obra está bajo una
[Licencia Creative Commons
Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
Vea una copia de esta licencia en
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Tesis

Determinación de riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu-Rioja, 2021

Para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias con mención en
Gestión Ambiental

Autor:

Juan José Esparraga Caro
<https://orcid.org/0009-0001-2352-1103>

Asesor:

Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos
<https://orcid.org/0000-0002-1142-5851>

Tarapoto, Perú

2025



ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Tesis

Determinación de riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu-Rioja, 2021

Para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias con mención en
Gestión Ambiental

Autor:

Juan José Esparraga Caro

Sustentado y aprobado el 07 de noviembre del 2025, ante el honorable
jurado:

Presidente de Jurado
Lic. Dr. Fabián Centurión
Tapia

Secretario de Jurado
Ing. M.Sc. Marcos Aquiles
Díaz Ayala

Vocal de Jurado
Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres
Bardález

Asesor
Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos

Tarapoto, Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Tesis, modo presencial, presentado por:

Bach. Juan José Esparraga Caro.

Con el asesoramiento de la **Dra. Astriht Ruiz Ríos**

"Determinación de riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu- Rioja, 2021". Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante, lo declaramos:

APROBADO
BUENO

Con el calificativo (*)

En consecuencia, queda en condición de ser considerado **APTO** por el Consejo Universitario y recibir el Grado Académico de **Maestro en Ciencias con mención en Gestión Ambiental**, de conformidad con lo estipulado en el Artículo 30° del Reglamento de Tesis de la Escuela de Posgrado de la UNSM.

Tarapoto, 07 de noviembre de 2025.



Dr. Fabian Centurión Tapia
Presidente



Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Díaz Ayala
Secretario



Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález
Miembro



Dra. Astriht Ruiz Ríos
Asesor

(*) De acuerdo con el Artículo 40° del Reglamento General de Ciencia, Tecnología e Innovación (RG - CTI) la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, estas deberán ser calificadas con términos de: BUENO, MUY BUENO, EXCELENTE, también considerar la nota



ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Tesis

Determinación de riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu-Rioja, 2021

Para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias con mención en
Gestión Ambiental

Los que suscriben declaran que el presente trabajo de tesis es original, en
su contenido y forma.

Juan José Esparraga Caro
Ejecutor

Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos
Asesor

Tarapoto, Perú

2025

Declaratoria de autenticidad

Juan José Esparraga Caro, con DNI N° 00833116, egresado de la Escuela de Postgrado, Unidad de Posgrado de la Facultad de Ecología, Programa de Maestría en Ciencias, con mención en Gestión Ambiental, autor de la tesis titulada: **Determinación de riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu-Rioja, 2021.**

Bajo juramento, manifiesto que:

1. La tesis expuesta es de mi creación.
2. La escritura se llevó a cabo siguiendo las citas y referencias de las referencias bibliográficas que se consultaron.
3. Toda la información contenida en la tesis no ha sido plagiada por uno mismo;
4. Los datos mostrados en los resultados son auténticos, no han sido modificados ni copiados, por lo que los datos de este estudio deben ser vistos como contribución a la realidad estudiada.

Por lo anteriormente expuesto, me comprometo a asumir las repercusiones que surjan de mi acción, sujetándome a las leyes de nuestro país y a las regulaciones actuales de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 07 de noviembre del 2025.



Juan José Esparraga Caro
DNI N° 00833116

Ficha de identificación

<p>Título: Determinación de riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu- Rioja, 2021.</p>	<p>Área de investigación: Ciencia y tecnología ambiental Línea de investigación: Contaminación ambiental Sublínea de investigación: Manejo de residuos Grupo de investigación: Tecnologías de tratamiento del agua (Resolución N° 251-2022-UNSM/CFT/FE) Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Juan José Esparraga Caro</p>	<p>Facultad de Ecología Unidad de Posgrado https://orcid.org/0009-0001-2352-1103</p>
<p>Asesor: Blga. Dra. Astrih Ruíz Ríos</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Unidad de Posgrado https://orcid.org/0000-0002-1142-5851</p>

Dedicatoria

Dedico desde el fondo de mi corazón mi tesis a mi hermosa familia, ellos son la razón de mi ser, por ellos y con su apoyo se hizo realidad esta meta, mi esposa Marieta que con su buen ánimo y bendiciones me ha motivo cada momento a realizar este proyecto, mis hijos Diego Raúl, Christian Marcelo y Paulo Daniel que me impulsan todos los días de una manera u otra a terminar todos los objetivos trazados, para ustedes mi amada familia que los amo mucho les dedico mi tesis.

Dedico a mis madrecitas queridas Rosa Isabel y Jacoba de Jesús, que siempre estuvieron a mi lado con sus oraciones y consejos, ahora desde el cielo nos cuidan por siempre.

Juan José

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Martín, mi alma mater, por generar el crecimiento profesional, la oportunidad de posgrado e impulsar el desarrollo académico.

A los docentes de maestría que con su experiencia y conocimientos me han motivado e impulsado al aprendizaje en cada etapa de mi formación.

A cada uno de mis compañeros de estudios que compartimos una excelente experiencia.

Mi gratitud a mis amigos Ing. Carlos López, Ing. Leyla del Águila, Ing. Alcidia Chávez, Ing. Carlos Egoavil e Ing. Jorge García, con quienes hemos compartido excelentes momentos e intercambiado conocimientos y aprendido el uno del otro.

Gracias a todos por ser parte de este proyecto académico de vida.

Índice general

Ficha de identificación.....	7
Dedicatoria.....	8
Agradecimientos	9
Índice general.....	10
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.1.1. A nivel internacional	18
2.1.2. A nivel nacional	19
2.1.3. A nivel local	20
2.2. Fundamentos teóricos	21
2.2.1. Riesgo ambiental.....	21
2.2.2. Aguas residuales.....	23
2.2.3. Definición de términos básicos	27
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	29
3.1.1. Contexto de la investigación.....	29
3.1.2. Periodo de ejecución	29
3.1.3. Autorizaciones y permisos.....	29
3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad	29
3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales	29
3.2. Sistema de variables	29
3.2.1. Variables principales	29

3.3. Procedimientos de la investigación.....	30
3.3.1. Objetivo específico 1: Identificar y evaluar los riesgos ambientales potenciales de la descarga de aguas residuales en la quebrada Trancayacu	30
3.3.2. Objetivo específico 2: Caracterizar las aguas residuales vertidas y el cuerpo receptor (quebrada Trancayacu).....	31
3.3.3. Objetivo específico 3: Proponer medidas de mitigación ambiental ante los riesgos ambientales identificados y evaluados	32
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Resultado específico 1: Riesgos ambientales potenciales de la descarga de aguas residuales en la quebrada Trancayacu	33
4.1.1. Inspección visual del área de estudio	33
4.1.2. Aplicación de la metodología de Evaluación de Riesgos Ambientales	33
4.1.3. Matriz de Evaluación de Riesgos Ambientales	34
4.2. Resultado específico 2: Características de las aguas residuales vertidas y el cuerpo receptor (quebrada Trancayacu).....	35
4.3. Resultado específico 3: Medidas de mitigación ambiental ante los riesgos ambientales identificados y evaluados.....	46
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS	59
Anexo 1. Mapa de ubicación	60
Anexo 2. Plano del matadero municipal Rioja	61
Anexo 3. Mapa de ubicación del área de influencia.....	62
Anexo 4. Mapa de puntos de monitoreo	63

Índice de tablas

Tabla 1 Características del agua residual de un matadero y sus procedencias	23
Tabla 2 Composición de aguas residuales de un camal o matadero.....	23
Tabla 3 Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.	25
Tabla 4 Matriz de Evaluación de Riesgos Ambientales	31
Tabla 5 Resultados de la evaluación de riesgos ambientales	34
Tabla 6 Resultados del muestreo 1	36
Tabla 7 Resultados del muestreo 2.....	37
Tabla 8 Resultados del muestreo 3.....	37
Tabla 9 Resultados del muestreo 4.....	38
Tabla 10 Plan de mitigación	47

Índice de figuras

Figura 1 Criterios para la óptima evaluación de riesgos ambientales.....	22
Figura 2 Resultados del pH durante los cuatro monitoreos - LMP/ECA.	40
Figura 3 Resultados del DBO ₅ durante los cuatro monitoreos - LMP/ECA.....	41
Figura 4 Resultados del DQO durante los cuatro monitoreos – LMP/ECA.	42
Figura 5 Resultados del SST durante los cuatro monitoreos – LMP/ECA.	43
Figura 6 Resultados del Coliformes Fecales durante los cuatro monitoreos – LMP/ECA.	44
Figura 2 Resultados de Nitrógeno total durante los cuatro monitoreos – LMP/ECA....	45
Figura 8 Resultados de Fósforo total durante los cuatro monitoreos – LMP/ECA.	46

RESUMEN

Determinación de riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu-Rioja, 2021.

La presente investigación tiene como objetivo determinar los riesgos ambientales derivados de la descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu, ubicada en la provincia de Rioja, región San Martín, Perú. El estudio se realizó entre los meses de enero a junio de 2021, bajo un diseño descriptivo y enfoque cuantitativo. Se llevó a cabo mediante la recolección de muestras de agua en tres puntos estratégicos de la quebrada: en el punto de descarga, aguas arriba y aguas abajo, para evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los parámetros analizados incluyeron DBO₅, DQO, pH, coliformes fecales, nitrógeno total y fósforo total. Los resultados mostraron niveles elevados de contaminantes en el punto de descarga, superando los límites establecidos por la normativa ambiental peruana, lo que indica una alta carga orgánica y presencia de riesgos para la salud pública. Además, la comparación entre los puntos de muestreo evidenció la disminución de la calidad del agua hacia aguas abajo del vertido. Se observó también una reducción en la biodiversidad acuática en las zonas más afectadas por la contaminación. A partir de estos hallazgos, se concluyó que la capacidad de autodepuración de la quebrada es insuficiente para mitigar los efectos de los efluentes, por lo que se recomienda la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales, así como medidas de mitigación como la revegetación ribereña y el monitoreo continuo de la calidad del agua. Esta investigación contribuye a la comprensión de los impactos ambientales de las descargas de mataderos en cuerpos de agua, y proporciona un marco para el desarrollo de políticas públicas enfocadas en la gestión sostenible de los recursos hídricos en la región.

Palabras clave: aguas residuales, riesgos ambientales, camal municipal, calidad del agua, biodiversidad acuática.

ABSTRACT

Determination of Environmental Risks from the Discharge of Wastewater from the Municipal Slaughterhouse into the Trancayacu Stream - Rioja, 2021

This research aims to determine the environmental risks associated with the discharge of wastewater from the municipal slaughterhouse into the Trancayacu Stream, located in the province of Rioja, San Martín region, Peru. The study was conducted between January and June 2021, using a descriptive design and a quantitative approach. Water samples were collected from three strategic points along the stream: at the discharge point, upstream, and downstream, to assess physicochemical and microbiological parameters. The analyzed parameters included BOD5, COD, pH, fecal coliforms, total nitrogen, and total phosphorus. The results showed elevated contaminant levels at the discharge point, exceeding the limits established by Peruvian environmental standards, indicating a high organic load and risks to public health. Additionally, the comparison of sampling points revealed a decrease in water quality downstream of the discharge. A reduction in aquatic biodiversity was also observed in the areas most affected by contamination. Based on these findings, it was concluded that the stream's self-purification capacity is insufficient to mitigate the effects of the effluents, which calls for the implementation of a wastewater treatment system, along with mitigation measures such as riparian revegetation and continuous water quality monitoring. This research contributes to the understanding of the environmental impacts of slaughterhouse discharges into water bodies and provides a framework for the development of public policies focused on the sustainable management of water resources in the region.

Keywords: wastewater, environmental risks, municipal slaughterhouse, water quality, aquatic biodiversity.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

En nuestro país, cada vez son más preocupantes los efectos de verter aguas residuales sin tratamiento en ríos, canales y otros cuerpos de agua. Como señala Anda (2017), esta actividad genera impactos negativos sobre el entorno natural y representa una amenaza para la salud pública, especialmente de las comunidades más pobres que están expuestas directamente a peligrosos microbios y sustancias químicas. La situación se vuelve más crítica cuando estas aguas contaminadas se emplean en el riego agrícola, ya que los agentes patógenos y compuestos químicos presentes pueden ser absorbidos por los cultivos y, en consecuencia, ingresar a la cadena alimentaria, afectando tanto a los agricultores como a quienes compran estos productos, según han documentado Acosta y colaboradores (2015). La UNESCO (2017) también ha alertado sobre este grave riesgo sanitario que enfrentan especialmente las poblaciones que viven cerca de estas fuentes de agua contaminada.

Según estudios de la UNESCO (2018), las aguas residuales contienen mayormente agua (99%), mientras que solo el 1% corresponde a sustancias sólidas suspendidas o disueltas. Pero, esta composición no es fija - varía dependiendo del origen de las aguas y cambia con el tiempo. Como bien explican Macías y Díaz (2010), cuando estas aguas mal tratadas se vierten al ambiente, generan un grave problema de contaminación que afecta ríos, quebradas, aguas subterráneas y hasta los suelos. Lo peor es que estos contaminantes no se quedan quietos: se esparcen con la corriente, se filtran a las napas subterráneas y van dañando todo a su paso. Las consecuencias son graves: problemas de salud pública, daños irreparables en nuestros ecosistemas y pérdidas económicas importantes, como lo ha documentado Camacho (2020) en sus investigaciones, lo que provoca consecuencias graves.

En la ciudad de Rioja se encuentra el camal municipal, del cual las aguas residuales generadas por las actividades de faenamiento llevadas a cabo en su interior son descargadas en la quebrada Trancayacu, una fuente de agua superficial situada a aproximadamente 100 metros del camal. Es evidente a simple vista el grave problema que existe en este lugar, ya que dichas aguas residuales son vertidas sin ningún tratamiento previo, causando serios y graves problemas en el ecosistema acuático de la quebrada. Por lo tanto, es urgente evaluar los riesgos ambientales y proponer medidas de mitigación ante este problema.

En el marco de esta investigación, se planteó el siguiente problema: ¿Cuáles son los riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu- Rioja, 2021? Los objetivos de este estudio son los siguientes: Objetivo general: Determinar los riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu- Rioja, 2021. Objetivos específicos: Identificar y evaluar los riesgos ambientales potenciales de la descarga de aguas residuales en la quebrada Trancayacu; caracterizar las aguas residuales vertidas y el cuerpo receptor (quebrada Trancayacu); y proponer medidas de mitigación ambiental ante los riesgos ambientales identificados y evaluados.

Es fundamental comprender la magnitud y las implicaciones de la contaminación por aguas residuales para poder desarrollar soluciones efectivas (Mowbray, 2022). La caracterización química de estas aguas, junto con la detección e identificación de microorganismos patógenos, resulta fundamental para llevar a cabo una evaluación precisa de los riesgos asociados a su uso o vertimiento (Diaz, 2020). Además, es importante realizar evaluación permanente de la calidad del agua en la quebrada Trancayacu para detectar cualquier cambio en los niveles de contaminantes y poder tomar acciones correctivas de manera oportuna. Asimismo, se debe considerar el impacto acumulativo de las descargas de aguas residuales a lo largo del tiempo, ya que la exposición prolongada a ciertos contaminantes puede tener efectos devastadores en el ecosistema y en la salud humana (Telwesa, 2023). La adopción de sistemas tecnológicos para el tratamiento de aguas residuales, adaptadas a las condiciones locales y los recursos disponibles, es una medida crucial para reducir la carga contaminante antes de que estas aguas sean vertidas en cuerpos de agua naturales (Rodríguez de Jorge, 2020).

Es necesario involucrar a la comunidad y autoridades locales en la administración de aguas residuales; la orientación y sensibilización en torno a los riesgos que conlleva la contaminación del recurso hídrico y la importancia de su tratamiento adecuado pueden fomentar prácticas más responsables (Care, 2021). La evacuación de aguas servidas sin procesos de depuración en cuerpos de agua como la quebrada Trancayacu representa un grave problema ambiental y de salud que requiere una atención urgente y medidas de mitigación efectivas. La presente investigación no solo tiene como objetivo identificar y analizar los riesgos asociados, sino también plantear alternativas viables y sostenibles que contribuyan a la conservación de la calidad del agua, salvaguardando la salud de las comunidades y la integridad de los ecosistemas impactados. La cooperación entre científicos, autoridades y la comunidad es esencial para abordar este desafío de manera integral y lograr un impacto positivo a largo plazo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Cutiño et al. (2019) la investigación se orientó a la aplicación de una metodología para la gestión ambiental de los residuos generados por el matadero. Dicha metodología permitió identificar los principales aspectos negativos responsables del impacto ambiental adverso en la zona de estudio. Con base en el diagnóstico realizado, se propusieron acciones correctivas que permitieron el desarrollo de un sistema de biogás orientado al manejo y valorización de los residuos sólidos y líquidos generados por el matadero municipal, con el propósito de reducir los impactos ambientales en la zona de influencia. El estudio concluye que los residuos generados por esta actividad representan una fuente significativa de contaminación. Asimismo, se evidenció que los residuos líquidos provenientes del matadero alcanzan una turbidez de 4,3 NTU, y el análisis microbiológico confirmó la presencia de bacterias coliformes heterotróficas, consideradas indicadores de contaminación ambiental que podrían afectar a la población del sector.

Griffero et al. (2019) este estudio investiga la ocurrencia y distribución de contaminantes emergentes (CE) en aguas superficiales de dos lagunas costeras del Atlántico en Uruguay. Utilizando nanoLC/HRMS, se detectaron 56 de los 362 compuestos objetivo, incluyendo cinco pesticidas prohibidos en la U.E. Los productos farmacéuticos, hormonas y drogas de abuso mostraron altas frecuencias y concentraciones aguas abajo de las ciudades, mientras que los pesticidas se encontraron principalmente en áreas agrícolas. Las hormonas 17α -etinilestradiol y 17β -estradiol presentaron el mayor riesgo ecológico. Este es el primer estudio de monitoreo de CE a escala de cuenca en Uruguay, revelando una mayor presencia de contaminantes en arroyos y lagunas, y una frecuencia inesperada en el mar costero.

Triana (2019) la investigación pone en evidencia que esta actividad genera múltiples impactos ambientales que afectan directamente los componentes agua, aire y suelo. Se identifica que gran parte de la problemática ambiental y sanitaria está relacionada con la ausencia de controles operacionales eficaces, lo que revela deficiencias en los distintos procesos vinculados a la actividad de beneficio. Además, se observa un bajo nivel de cumplimiento de la normativa vigente en el sector cárnico, con el incumplimiento de decretos y leyes por parte de muchas plantas de beneficio bovino, situación que

representa una amenaza para la salud pública. Esta problemática es aún más crítica en el caso de mataderos clandestinos, los cuales vienen siendo clausurados por el INVIMA debido a las condiciones sanitarias inadecuadas.

2.1.2. A nivel nacional

Nieto et al. (2021) el presente estudio analiza la presencia de compuestos farmacéuticos en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en el Perú, así como la eficacia de su remoción y el potencial efecto que estos pueden generar en cuerpos de agua superficial. Se analizaron muestras de las PTAR de las ciudades de Lima, Cusco, Puno y Juliaca, identificando 38 compuestos mediante LC-MS/MS. El paracetamol fue el fármaco encontrado en mayor concentración (más de 100 µg/L en Puno). La PTAR Cusco mostró mayor eficiencia en la eliminación de fármacos (30% de eliminación, RE > 75%) que la PTAR Lima. Tres antibióticos (claritromicina, ciprofloxacina, clindamicina) y el paracetamol plantearon un alto riesgo ambiental ($RQ \geq 1$). Se concluye que los tratamientos actuales no son suficientes y se necesitan procesos adicionales, como la oxidación avanzada, para mejorar la eliminación de estos compuestos.

Cusiche y Miranda (2019) evaluaron el impacto generado por las aguas residuales provenientes de actividades productivas y empresariales, a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados durante las temporadas de lluvias y de estiaje. Los resultados mostraron que la temperatura del agua variaba entre 12.2 °C en lluvia y 10 °C en estiaje, mientras que la conductividad oscilaba entre 455-514 µS/cm en lluvia y 480-534 µS/cm en estiaje. La dureza del agua iba de 134-146 mg/L en lluvia a 156-179 mg/L en estiaje, con un pH de 7.7 a 8.37 en lluvia y 8.2 a 8.3 en estiaje. Las concentraciones de cloruros eran de 10.01-13.01 mg/L en lluvia y 12.41-15.07 mg/L en estiaje, y los sulfatos variaron entre 38-99 mg/L en lluvia y 43-129 mg/L en estiaje. Los niveles de oxígeno disuelto se encontraban por debajo de 5 mg/L en algunas estaciones, y los coliformes mostraron mayores concentraciones en estiaje. El Índice de Calidad del Agua (INSF) calificó el agua del lago como de calidad media en lluvia (INSF: 57.7-60.32) y de mala calidad en estiaje (INSF: 47.62-50). El estudio determinó que el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento previo está generando un impacto ambiental significativamente negativo en el entorno, afectando la vida acuática y los ecosistemas del lago Junín.

Rojas y Suyon (2019) el estudio se orientó a la aplicación de una metodología basada en la observación directa, a través de un diagnóstico de las actividades que se desarrollan durante el proceso de faenado en el camal, representado gráficamente mediante un croquis. Con base en este análisis, se reconocieron las actividades que

generan impactos ambientales y los componentes del entorno más susceptibles durante el proceso de faenado del ganado. Esta información fue sistematizada en una Matriz de Leopold, herramienta que permitió determinar las actividades con mayor carga ambiental. Los resultados evidenciaron que el manejo deficiente de los residuos y vertimientos representa la fuente principal de impactos ambientales adversos, manifestándose en la aparición de vectores que propagan enfermedades, generación de olores desagradables y liberación de efluentes al entorno, siendo este impacto clasificado con una valoración de MUY ALTO.

2.1.3. A nivel local

Ruiz (2018) el estudio determinó que los vertimientos generados por el camal municipal presentan una carga contaminante significativa. Se identificó una marcada diferencia de temperatura entre el entorno ambiental y las aguas subsuperficiales, además de niveles muy bajos de oxígeno disuelto, registrándose apenas 0.2 mg/L. Durante el primer muestreo, se observaron valores elevados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), con concentraciones de 521 mg/L y 973 mg/L respectivamente. También se detectó una alta presencia de sólidos disueltos totales (1728 mg/L) y fosfatos (63 mg/L), evidenciando una intensa carga de materia orgánica en proceso de descomposición.

Nolasco (2018) la presente investigación se desarrolló en el canal Galindona, donde se recolectaron un total de 36 muestras de agua en dos puntos estratégicos: uno ubicado aguas arriba (P1) y otras aguas abajo (P2) del área de vertimiento. Los análisis de calidad del agua fueron realizados en un laboratorio con acreditación vigente por INACAL. Para la evaluación del impacto ambiental se utilizaron la matriz de campo y la matriz de Leopold. En el punto P1, los parámetros analizados se encontraban dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua; en el punto P2 se evidenció el incumplimiento de dichos valores. Entre los resultados obtenidos, se reportaron promedios de DBO₅ de 22.3 mg/L, DQO de 74 mg/L, fósforo total de 16.8 mg/L, nitrógeno total de 16.03 mg/L y una carga microbiana de coliformes termotolerantes de 77,250 NMP/100 mL. Estos valores alteraron el ecosistema acuático. Se observó proliferación de ciertos macroinvertebrados. Se concluyó que el vertido sin tratamiento genera un impacto ambiental negativo alto.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Riesgo ambiental

Se entiende como la posibilidad de que un peligro, ya sea de origen natural o causado por actividades humanas, genere efectos directos o indirectos sobre el ambiente y su biodiversidad, en un espacio y momento específicos. (REDIAM, 2010).

2.2.1.1. Consideraciones para la evaluación de riesgos ambientales:

a) Gerencia de recursos naturales y de medio ambiente

La responsabilidad ambiental exige que las Gerencias de Recursos Naturales y Medio Ambiente comprendan claramente los riesgos ambientales asociados a las actividades que se llevan a cabo en su ámbito territorial. Además, deben velar por la correcta implementación y cumplimiento de los instrumentos de gestión ambiental aprobados por las autoridades competentes, en concordancia con la legislación vigente. Esto permite implementar adecuadamente medidas preventivas y de mitigación frente a dichos riesgos. La identificación, análisis y control de estos impactos se realiza a través de programas orientados a la gestión de riesgos ambientales (REDIAM, 2010).

b) Fases del proceso de la evaluación de riesgos ambientales

En la actualidad, se dispone de múltiples metodologías orientadas a la evaluación de riesgos ambientales. La aplicación de cada una de ellas exige la participación de profesionales con formación especializada en la materia, así como un conocimiento detallado del entorno o actividad productiva en evaluación (REDIAM, 2010).

c) Criterios para la evaluación de riesgos ambientales

Esta etapa del proceso permite reconocer los principales riesgos ambientales, lo que a su vez facilita el planteamiento y priorización de medidas preventivas y de mitigación más efectivas. Con ello, se logra seleccionar las alternativas de intervención más pertinentes y respaldar adecuadamente la toma de decisiones. El objetivo principal es establecer un enfoque de responsabilidad ambiental que asegure acciones dirigidas a evitar y corregir posibles impactos significativos sobre especies y ecosistemas protegidos, así como sobre la calidad del agua y del suelo. La evaluación se organiza en diversas fases específicas, como se ilustra en la Figura 1 (REDIAM, 2010).



Figura 1

Criterios para la óptima evaluación de riesgos ambientales.

Fuente: (REDIAM, 2010)

En la fase inicial del estudio, es fundamental establecer la conformación del equipo de trabajo, considerando la experiencia y el nivel de conocimiento de sus integrantes, con el fin de asegurar una evaluación adecuada y rigurosa de los riesgos ambientales.

d) Camal municipal

Según lo dispuesto en el Reglamento Sanitario para el Faenado de Animales de Abasto, se entiende por matadero a aquel establecimiento autorizado por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), que cumple con los requisitos de higiene y condiciones sanitarias necesarias para realizar el proceso de sacrificio de animales destinados al consumo humano (Niño, 2015).

Los camales son infraestructuras destinadas al sacrificio y acondicionamiento de animales aptos para el consumo humano, representando la fase inicial del proceso de industrialización cárnica. El resultado de esta actividad es la canal, que corresponde a la carcasa del animal, desprovista de vísceras y en condiciones higiénicas adecuadas para su posterior procesamiento o distribución (Mapfre, 2005).

Tabla 1
Características del agua residual de un matadero y sus procedencias

Parámetros	Principales fuentes
Materia orgánica (DQO, COT)	Sangre, aguas de escaldado, purín/estiércol, contenidos estomacales, etc.
Sólidos en suspensión	Purín/estiércol, contenidos estomacales, pelos, restos de carne.
Aceites y grasas	Aguas de escaldado, lavado canales.
Amonio y urea	Purín/estiércol, sangre
Fosfatos, nitrógeno y sales	Purín/estiércol, contenidos estomacales, sangre, productos detergentes y desinfectantes.
Conductividad Eléctrica	En los mataderos donde se procesan y preparan tripas, podría presentarse un aumento en la conductividad del agua residual si hay pérdidas significativas de la sal utilizada en el salado de las tripas o, incluso, si se emplea sal en el tratamiento de las pieles del ganado vacuno. Esto se debe a que los altos niveles de cloruros y sodio incrementan la carga salina en los efluentes, lo cual puede afectar la calidad del agua si no se gestiona adecuadamente.

Nota. Tomado de AEMA (2014).

2.2.2. Aguas residuales

Se define como aquella que ha sido utilizada en diversos procesos domésticos, industriales, agropecuarios o comerciales, y que, como resultado de dichas actividades, ha perdido sus características naturales, presentando una carga de contaminantes físicos, químicos y biológicos. Su disposición final, conocida como vertimiento, puede generar impactos ambientales severos si no se realiza bajo condiciones de tratamiento adecuadas. La elevada presencia de materia orgánica, nutrientes como nitrógeno y fósforo, y otros compuestos, puede alterar la composición biológica de los cuerpos receptores, promoviendo fenómenos como la eutrofización. Esta situación puede conllevar la aparición de toxinas y condiciones anóxicas que afectan tanto a los ecosistemas acuáticos como a la salud humana, especialmente si estas aguas son reutilizadas sin un adecuado control sanitario. En ese sentido, el manejo responsable de las aguas residuales resulta esencial para salvaguardar el entorno natural y prevenir riesgos para la salud de la población (Osorio *et al.*, 2010)

Tabla 2
Composición de aguas residuales de un camal o matadero

Parámetro	Concentración	Parámetro	Concentración
Sustancias sedimentables, ml/l	10	Alcalinidad, ml ácido /l	7
pH	7	Nitrógeno (N), mg/ l	145
Grasa, mg/l	108	Pentóxido de fósforo, mg/l	19
Sustancias no disueltas, mg/l	580	Óxido de Potasio, mg/l	29
Sólidos fijos, mg/l	81	Óxido de Calcio, mg/l	137
Sólidos Volátiles mg/l	498	Consumo de KMnO ₄ , mg/l	154
Sustancias disueltas, mg/l	1206	DBO ₅ , mg/l	838
Sólidos Fijos, mg/l	272		

Nota. Tomado de Espinoza (2017).

2.2.2.1. Residuos líquidos de camales

Cada animal que ingresa al proceso de faenado requiere, en promedio, alrededor de 500 litros de agua potable, la cual se utiliza en diversas etapas como el lavado inicial del ganado, siendo este efluente dirigido directamente a un único punto de descarga conectado al sistema de alcantarillado principal. En este mismo conducto también se vierte la sangre generada durante la fase de sangría, sin que se le dé ningún tipo de aprovechamiento o valorización. De igual manera, el agua empleada en el enjuague final de la canal antes de su oreo es evacuada sin tratamiento previo. Otro residuo líquido significativo proviene del contenido gastrointestinal (intestino delgado y grueso), cuyo lavado demanda un volumen considerable de agua, la cual arrastra estos residuos al desagüe. A esto se suma el consumo de agua para la limpieza general de las instalaciones al finalizar cada jornada. El vertimiento conjunto y sin tratamiento de estos líquidos genera procesos de descomposición en el sistema de alcantarillado, provocando olores ofensivos, emisión de gases y molestias a la población circundante. (Schiffman et. al., 2000).

Los principales impactos o peligros ambientales vinculados a la operación de mataderos están relacionados con el manejo deficiente de sus efluentes líquidos. Estos residuos, debido a su origen, presentan una elevada carga de materia orgánica, y cuando son vertidos directamente a cuerpos de agua sin tratamiento, generan impactos ambientales severos. Uno de los impactos más relevantes es la reducción del oxígeno disuelto en el agua, lo cual compromete la supervivencia de los organismos acuáticos y favorece procesos de descomposición anaerobia de la materia orgánica, originando emisiones de malos olores. Esta situación favorece la proliferación de vectores biológicos, representando un riesgo sanitario para las poblaciones asentadas en las zonas aledañas (Ruiz, 2018).

2.2.2.2. Efluentes

Las descargas líquidas provenientes de los mataderos constituyen una fuente significativa de contaminación del ambiente, además de ser responsables de la emisión de olores molestos y de representar un riesgo sanitario considerable, particularmente en contextos de países en desarrollo. Dentro de estos, la sangre destaca como el residuo líquido con mayor potencial contaminante, debido a su elevada carga orgánica, aportando entre 150 y 200 mg/L de DBO por litro, pudiendo alcanzar valores de hasta 405 mg/L en condiciones críticas. Por otro lado, el estiércol constituye la segunda fuente más relevante de contaminación en este tipo de actividades, ya que, si no se gestiona de manera adecuada, incrementa significativamente la carga orgánica presente en los efluentes (ANA, 2005).

Además de las elevadas concentraciones de DBO, los efluentes generados en los mataderos presentan una significativa carga de nitrógeno, lo que representa un desafío adicional para los sistemas de tratamiento, ya que dificulta su operación y eleva los costos de funcionamiento. Uno de los mayores impactos ambientales por exceso de nitrógeno en ríos, lagos o embalses es la eutrofización. Este fenómeno acelera el crecimiento descontrolado de algas, lo que reduce el oxígeno disponible en el agua y puede matar peces y otros organismos acuáticos. En nuestro país, esto es especialmente crítico en cuencas con alta actividad agrícola o descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado. Al morir, las algas son degradadas por microorganismos y consumen grandes cantidades de oxígeno, provocando condiciones de anoxia que comprometen gravemente la biodiversidad acuática (ANA, 2005).

2.2.2.3. Efluentes – líneas de drenaje

Toda zona en la que se realicen actividades con uso de agua debe contar con un sistema adecuado de drenaje, que incluya canaletas con rejillas y trampas para sólidos. La pendiente de estos conductos debe garantizar un flujo eficiente según el tipo de efluente: en el caso de canales abiertos y aguas de lavado, se requiere una pendiente mínima del 1%; para las tuberías que conducen aguas negras, la pendiente debe ser del 2%; mientras que para aquellas que transportan aguas con contenido graso o sanguinolento, la pendiente recomendada varía entre el 3% y 5%.

Los sistemas de drenaje deben ser autónomos y contar con un diámetro adecuado para un flujo continuo, evitando estancamientos. No deben estar interconectados con las redes generales del establecimiento ni con las instalaciones sanitarias. El matadero está en la obligación de disponer de un sistema de tratamiento de efluentes adecuado y dimensionado para procesar la totalidad del caudal generado bajo su máxima capacidad operativa. Solo después de un tratamiento conforme a la normativa vigente, dicho efluente podrá ser descargado al alcantarillado público (MIDAGRI, 2012).

Tabla 3

Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Nota. Tomado de D.S. N° 003-2010-MINAM

2.2.2.4. Impacto de las aguas residuales sobre las aguas superficiales

Barrera y Ramos (2007) En el ámbito de la gestión hídrica, es fundamental diferenciar entre fuentes de contaminación puntuales y no puntuales. Las primeras se refieren a descargas identificables como vertimientos industriales o domésticos que llegan directamente a los ríos o mares - como los que vemos frecuentemente en los emisores urbanos de nuestras ciudades costeras. Por otro lado, la contaminación difusa proviene de múltiples fuentes dispersas, siendo la escorrentía agrícola durante las lluvias el caso más común en nuestro país, arrastrando sedimentos, pesticidas y fertilizantes que terminan afectando nuestras cuencas. Esta distinción es clave para implementar estrategias efectivas de control y remediación ambiental.

Los ríos poseen una capacidad natural de autodepuración, entendida como el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren a lo largo de su cauce y que permiten la degradación o eliminación progresiva de sustancias ajenas introducidas en el cuerpo de agua. Esta función ecosistémica contribuye a mantener el equilibrio ambiental y la calidad del recurso hídrico. Los ríos tienen la capacidad de degradar ciertos compuestos conocidos como biodegradables; sin embargo, existen sustancias que persisten en el ambiente y no pueden ser transformadas a lo largo del curso del agua, denominadas compuestos no biodegradables o persistentes (UNESCO, 2006). La capacidad de un río para regenerarse naturalmente frente a una descarga contaminante está condicionada por su caudal que permite la dilución de los vertidos, la turbulencia del agua que favorece el ingreso de oxígeno disuelto, así como por la aturaleza y el volumen de los residuos vertidos.

En ese contexto, cuando el agua contiene elevadas concentraciones de compuestos biodegradables y no biodegradables, la capacidad natural de autodepuración se ve comprometida. Esta alteración rompe el equilibrio ecológico del cuerpo hídrico, generando una zona impactada cuya recuperación es lenta o requiere intervención artificial. Como consecuencia, se restringen los posibles usos del recurso y se incrementan los riesgos asociados a su utilización.

Diversos compuestos como fertilizantes, plaguicidas y metales pesados no se eliminan del medio acuático, sino que tienden a trasladarse y acumularse en los sedimentos del lecho de los ríos, además de ser absorbidos por organismos acuáticos e incorporarse a las cadenas tróficas. Esta acumulación progresiva puede generar, a mediano y largo plazo, efectos adversos sobre la salud humana, especialmente en poblaciones expuestas al consumo de agua o alimentos contaminados (Barrera y Ramos, 2007).

2.2.3. Definición de términos básicos

- **Riesgos Ambientales.** El riesgo ambiental asociado a descargas de aguas residuales se refiere a la probabilidad de que estas generen impactos negativos significativos, como la alteración de los parámetros físico-químicos del agua (oxígeno disuelto, DBO, metales pesados), la reducción de la biodiversidad acuática (mortalidad de especies sensibles como truchas o camarones de río), y afectaciones a la salud pública por contaminación de fuentes de agua para consumo humano o recreación; un aspecto crítico en nuestro contexto donde muchas comunidades ribereñas dependen directamente de estos recursos hídricos y donde la normativa (Ley de Recursos Hídricos y sus reglamentos) exige evaluaciones específicas de estos riesgos para autorizar vertimientos (UNIR, 2024).
- **Aguas Residuales.** Agua que ha sido utilizada en procesos domésticos, industriales o comerciales y que contiene contaminantes como productos químicos, residuos orgánicos y microorganismos (Flowen, 2022).
- **Camal Municipal.** Instalación pública donde se realiza el sacrificio y procesamiento de animales para el consumo humano, también conocida como matadero o rastro. Estas instalaciones deben cumplir con regulaciones sanitarias para garantizar la seguridad alimentaria (Municipalidad provincial de Santa, 2024)
- **Calidad del Agua.** Proceso técnico que analiza parámetros físicos (turbiedad, sólidos), químicos (pH, metales, DBO) y microbiológicos (coliformes) para determinar su aptitud según uso: consumo humano (ECA), conservación ecológica o actividades productivas (agrícolas/industriales). Base para la gestión hídrica según normativa peruana (Ley de Recursos Hídricos). La calidad del agua se ve afectada por contaminantes y puede variar según los estándares ecológicos o de salud pública (Bidault, 2016)
- **Impacto Ambiental.** Los impactos ambientales son las consecuencias, sean positivas o negativas, que se generan a raíz de las acciones humanas sobre el entorno natural. Estos efectos pueden manifestarse en la alteración de la calidad del aire, el agua y el suelo, así como en la pérdida o modificación de la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas (RSS, 2022).
- **Mitigación.** Acciones y estrategias implementadas para reducir o controlar la gravedad de los efectos adversos que una actividad puede causar al medio ambiente. Estas medidas pueden incluir la prevención de la contaminación, la rehabilitación de ecosistemas afectados y la implementación de tecnologías limpias (CHAER, 2020)

- **Contaminación del Agua.** Presencia de sustancias nocivas o microorganismos en el agua, lo cual la vuelve inapropiada para su consumo humano, actividades de recreación, riego u otros usos. Estas sustancias pueden incluir productos químicos, metales pesados, nutrientes en exceso y patógenos (AQUAE, 2024).
- **Efluentes.** Las aguas residuales, independientemente de si han recibido tratamiento previo o no, cuando son vertidas en cuerpos de agua superficiales como ríos, lagos o quebradas, pueden transportar diversos contaminantes. Entre ellos se incluyen compuestos químicos, agentes microbiológicos y materia orgánica, los cuales representan un riesgo para la calidad del agua y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos (Digimed, 2023)
- **Biodegradabilidad.** Se entiende como biodegradabilidad a la capacidad inherente que posee una sustancia para ser descompuesta y transformada en compuestos más simples mediante la acción de organismos vivos, particularmente microorganismos como bacterias y hongos. Este proceso biológico es esencial en la degradación de contaminantes, ya que permite su eliminación progresiva del entorno natural (Sarkar *et al.*, 2023).
- **Ecosistema Acuático.** Se trata de un sistema dinámico y diverso, conformado por múltiples organismos vivos entre ellos plantas, animales y microorganismos que mantienen interacciones entre sí y con los componentes físicos del medio, dentro de ecosistemas acuáticos como ríos, lagos, quebradas y estanques (Vaccari *et al.*, 2006).
- **Tratamiento de Aguas Residuales.** Conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos, así como tecnologías especializadas, diseñadas para eliminar o reducir la presencia de contaminantes en las aguas residuales antes de su liberación al medio ambiente (Telwesa,2022).
- **Normativa Ambiental.** Marco legal compuesto por disposiciones, políticas y normativas emitidas por entidades del Estado con el propósito de resguardar el ambiente, preservar los recursos naturales y regular adecuadamente el manejo de residuos. Esta normativa incluye temas clave como la calidad del aire y del agua, la protección de la biodiversidad, así como la gestión de residuos sólidos y peligrosos, entre otros aspectos relevantes (Esneca, 2024).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1. Contexto de la investigación

Departamento: San Martín

Provincia: Rioja

Distrito: Rioja

Área de estudio: La quebrada Trancayacu

3.1.2. Periodo de ejecución

Un total de 6 meses

3.1.3. Autorizaciones y permisos

Se solicitará el permiso para el uso del laboratorio de la UNSM; para los análisis respectivos.

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Se implementaron medidas de control ambiental, como la adecuada disposición de residuos sólidos en contenedores, así como precauciones de bioseguridad en el laboratorio para prevenir el contacto entre el personal de investigación y el inoculante.

3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

En la ejecución de la investigación se aplicaron principios éticos como justicia, beneficencia, respeto a las personas y al ecosistema, integridad, confiabilidad y transparencia.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variables principales

- **Variable independiente (X):**

Aguas residuales del camal municipal

- **Variable dependiente (Y)**

Riesgos ambientales

3.3. Procedimientos de la investigación

Tipo. La investigación aplicada tiene como finalidad la resolución de problemas prácticos inmediatos. En la presente investigación se estableció determinar los riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu, sector Atahualpa de la ciudad de Rioja, con el propósito de proponer medidas de mitigación que ayudaran a resolver el problema (Walsh & Wiggins, 2003).

Nivel. Corresponde al nivel descriptivo, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno con establecer su estructura. En la presente investigación se tuvo a bien determinar los riesgos ambientales producidos por las aguas residuales del camal, evaluar el impacto en el medio físico, ambiental, socioeconómico y en las aguas de la quebrada Trancayacu, para finalmente proponer medidas de mitigación (Sáez, 2017).

3.3.1. Objetivo específico 1: Identificar y evaluar los riesgos ambientales potenciales de la descarga de aguas residuales en la quebrada Trancayacu

Para identificar y evaluar los riesgos ambientales potenciales, se siguió el siguiente procedimiento detallado:

a) Inspección visual del área de estudio

- Se realizaron visitas de campo semanales durante un período de tres meses.
- Se utilizó una cámara digital para documentar las condiciones existentes.
- Se elaboraron notas de campo detalladas, registrando observaciones sobre la vegetación ribereña, la presencia de fauna, y cualquier signo visible de contaminación o alteración del ecosistema.

b) Aplicación de la metodología de Evaluación de Riesgos Ambientales

- Se siguió una metodología estándar que consta de tres etapas principales: a) Identificación de peligros: Se elaboró una lista de posibles peligros asociados con la descarga de aguas residuales. b) Análisis de la probabilidad y consecuencias: Se utilizó una matriz de 5x5 para evaluar la probabilidad de ocurrencia y la severidad de las consecuencias de cada peligro identificado. c) Estimación del riesgo: Se calculó el nivel de riesgo multiplicando los valores de probabilidad y consecuencia.

c) Elaboración de la matriz de riesgos ambientales

- Se diseñó una matriz que incluyó factores físicos, biológicos y socioeconómicos.

d) Categorización de los riesgos

- Se establecieron criterios para categorizar los riesgos en niveles bajo, medio y alto.

Tabla 4
Matriz de Evaluación de Riesgos Ambientales

Peligro Identificado	Probabilidad (1-5)	Consecuencias (1-5)	Nivel de Riesgo (PxC)	Categoría
Contaminación del agua	5	5	25	Alto
Afectación a la flora ribereña	4	3	12	Medio
Impacto en la salud pública	5	4	20	Alto
Alteración del hábitat acuático	4	4	16	Alto
Erosión de las orillas	3	3	9	Medio
Olores desagradables	5	2	10	Medio
Reducción de la biodiversidad	4	4	16	Alto
Impacto en actividades recreativas	3	2	6	Medio

Nota. Tomado de Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales. MINAM (2010)

3.3.2. Objetivo específico 2: Caracterizar las aguas residuales vertidas y el cuerpo receptor (quebrada Trancayacu)

Para la caracterización de las aguas residuales y el cuerpo receptor, se implementó el siguiente protocolo detallado:

a) Definición de puntos de muestreo

- Se establecieron tres puntos de muestreo estratégicos: a) Punto A: En el punto exacto de descarga de las aguas residuales. b) Punto B: 50 metros aguas arriba del punto de vertido. c) Punto C: 50 metros aguas abajo del punto de vertido.
- Cada punto fue georreferenciado utilizando un GPS de precisión.

b) Realización de muestreos

- Se llevaron a cabo muestreos mensuales durante un periodo de 4 meses.
- Las muestras se recolectaron siguiendo protocolos estandarizados:
 - Uso de botellas estériles para análisis microbiológicos.
 - Preservación de muestras en frío (4°C) para análisis químicos.
 - Etiquetado detallado de cada muestra con fecha, hora, punto de muestreo y parámetros a analizar.

c) Análisis de parámetros

- Las muestras fueron analizadas en un laboratorio acreditado.
- Se analizaron los siguientes parámetros: a) pH: Método potenciométrico b) DBO₅: Método de dilución y siembra c) DQO: Método de reflujos cerrado y colorimetría d)

SST: Método gravimétrico e) Coliformes fecales: Técnica de fermentación en tubos múltiples f) Nitrógeno total: Método Kjeldahl g) Fósforo total: Método del $C_6H_8O_6$.

d) Comparación con estándares

- Los resultados se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de PTAR vigentes.

3.3.3. Objetivo específico 3: Proponer medidas de mitigación ambiental ante los riesgos ambientales identificados y evaluados

Para proponer las medidas de mitigación, se siguió un proceso sistemático y fundamentado:

a) Análisis de resultados

- Se realizó una revisión exhaustiva de los resultados obtenidos en los objetivos 1 y 2.
- Se identificaron los riesgos categorizados como "Alto" y "Medio" en la matriz de riesgos.
- Se determinaron los parámetros que excedían significativamente los ECA y LMP.

b) Revisión bibliográfica

- Se consultaron bases de datos científicas relevantes.
- Se revisaron casos de estudio de tratamiento de aguas residuales en contextos similares en Latinoamérica.
- Se analizaron las mejores prácticas recomendadas por organismos especializados.

c) Consulta con expertos

- Se organizó un panel de expertos que incluyó profesionales en ingeniería ambiental, biología y salud pública.
- Se realizaron sesiones de trabajo para discutir y validar las propuestas de mitigación.

d) Elaboración del plan de mitigación

- Se desarrolló un plan integral que abordaba los riesgos identificados.
- Las medidas se clasificaron en (4 meses)
- Se consideró la viabilidad técnica y económica de cada medida, consultando con la municipalidad local sobre presupuestos disponibles y restricciones técnicas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado específico 1: Riesgos ambientales potenciales de la descarga de aguas residuales en la quebrada Trancayacu

Para identificar y evaluar los riesgos ambientales potenciales de la descarga de aguas residuales del matadero municipal de Rioja en la quebrada Trancayacu, se aplicó un procedimiento detallado que incluyó inspección visual, aplicación de una metodología de evaluación de riesgos y categorización de los impactos identificados.

4.1.1. Inspección visual del área de estudio

Durante un período de tres meses, se realizaron visitas de campo semanales con el fin de documentar las condiciones existentes en la quebrada Trancayacu y su entorno. Se utilizaron cámaras digitales para registrar evidencia fotográfica de la vegetación ribereña, la fauna presente y cualquier signo visible de contaminación, como turbidez del agua, olores desagradables y residuos sólidos flotantes.

Las principales observaciones obtenidas durante la inspección visual incluyen la presencia de aguas turbias y con sedimentos en el punto de descarga. Se evidenció una reducción en la cobertura vegetal en la zona ribereña, lo que sugiere un posible impacto en la estabilidad del ecosistema. También se observó una disminución de la diversidad de fauna acuática en comparación con tramos no afectados de la quebrada, lo que indica que la contaminación está afectando directamente la biodiversidad. Además, se percibieron olores desagradables en las cercanías del punto de vertido, lo que sugiere una alta carga orgánica en el agua. Finalmente, se identificó la presencia de residuos sólidos arrastrados por la corriente, posiblemente provenientes del matadero y sus alrededores, lo que refuerza la necesidad de implementar mejores estrategias de manejo de desechos sólidos.

4.1.2. Aplicación de la metodología de Evaluación de Riesgos Ambientales

Para estructurar la evaluación de riesgos, se siguieron tres etapas clave. Primero, se realizó la identificación de peligros, elaborando una lista exhaustiva de los posibles impactos ambientales asociados con la descarga de aguas residuales. En segundo lugar, se llevó a cabo el análisis de probabilidad y consecuencias, utilizando una matriz de 5x5 para determinar la probabilidad de ocurrencia y la severidad de cada impacto identificado. Finalmente, se realizó la estimación del riesgo, calculando el nivel de riesgo multiplicando los valores de probabilidad y consecuencia, lo que permitió clasificar cada peligro en un nivel de riesgo bajo, medio o alto.

4.1.3. Matriz de Evaluación de Riesgos Ambientales

Los resultados de la evaluación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5
Resultados de la evaluación de riesgos ambientales

Peligro Identificado	Probabilidad (1-5)	Consecuencias (1-5)	Nivel de Riesgo (Px C)	Categoría
Contaminación del agua	5	5	25	Alto
Afectación a la flora ribereña	4	3	12	Medio
Impacto en la salud pública	5	4	20	Alto
Alteración del hábitat acuático	4	4	16	Alto
Erosión de las orillas	3	3	9	Medio
Olores desagradables	5	2	10	Medio
Reducción de la biodiversidad	4	4	16	Alto
Impacto en actividades recreativas	3	2	6	Medio

Nota. Escala de probabilidad y consecuencias: 1 (muy bajo) a 5 (muy alto). Nivel de riesgo = Probabilidad x Consecuencias. Categorización: Bajo (1-8), Medio (9-15), Alto (16-25).

La contaminación del agua es el impacto ambiental más crítico, con un nivel de riesgo de 25, categorizado como alto. La probabilidad de ocurrencia es máxima, ya que la descarga de aguas residuales es continua y sin un tratamiento adecuado. Las consecuencias son severas, afectando la calidad del agua, reduciendo el oxígeno disuelto y promoviendo la proliferación de microorganismos patógenos. Esta situación genera un deterioro del ecosistema acuático y riesgos para la salud pública.

El impacto en la salud pública también se clasificó con un nivel de riesgo alto (20). La presencia de coliformes fecales y otros microorganismos patógenos en el agua representa un grave peligro para las comunidades cercanas. El contacto directo o indirecto con estas aguas contaminadas puede provocar enfermedades gastrointestinales, infecciones en la piel y otras afecciones de origen bacteriano y viral. Este riesgo se ve agravado por el uso potencial del agua para actividades domésticas o recreativas, lo que aumenta la exposición de la población a patógenos.

La alteración del hábitat acuático y la reducción de la biodiversidad, ambos con un nivel de riesgo de 16, también fueron clasificados como impactos de gran relevancia. La disminución del oxígeno en el agua y la acumulación de materia orgánica modifican las condiciones del ecosistema, favoreciendo la proliferación de especies tolerantes a la contaminación mientras que las especies más sensibles desaparecen. Esta alteración en la composición de la fauna y flora acuática provoca un desequilibrio en la cadena

trófica y una reducción en la estabilidad ecológica del cuerpo de agua.

En cuanto a la erosión de las orillas y la afectación de la flora ribereña, ambos fueron catalogados como impactos de nivel medio. La pérdida de vegetación en las riberas de la quebrada facilita la erosión del suelo, aumentando la sedimentación en el agua y reduciendo su calidad. La disminución de la cobertura vegetal ribereña también afecta la capacidad natural de filtración de contaminantes, incrementando la vulnerabilidad del ecosistema a las descargas de aguas residuales.

Los olores desagradables, con un nivel de riesgo medio (10), afectan principalmente a las comunidades cercanas. La descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales genera compuestos volátiles que producen malos olores, reduciendo la calidad de vida de los habitantes locales y afectando la percepción ambiental de la quebrada.

Finalmente, el impacto en las actividades recreativas, aunque catalogado con un nivel de riesgo medio (6), sigue siendo una preocupación para la comunidad. La presencia de agua contaminada y la percepción negativa del entorno reducen el uso del área para el ecoturismo y actividades recreativas, lo que podría afectar el desarrollo económico local basado en el turismo sostenible.

4.2. Resultado específico 2: Características de las aguas residuales vertidas y el cuerpo receptor (quebrada Trancayacu)

Para evaluar la calidad de las aguas residuales vertidas en la quebrada Trancayacu y su impacto en el cuerpo receptor, se realizaron cuatro muestreos mensuales en tres puntos estratégicos: el punto exacto de descarga (Punto A), un punto aguas arriba del vertido (Punto B) y un punto aguas abajo del vertido (Punto C). Los parámetros analizados incluyen pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), coliformes fecales, nitrógeno y fósforo totales.

Tabla 6
Resultados del muestreo 1

Parámetro	Punto A (Descarga)	Punto B (Aguas Arriba)	Punto C (Aguas Abajo)	LMP/ECA
pH	6,4	7,1	6,7	6,5 – 8,5
DBO ₅ (mg/L)	870	92	310	≤ 100
DQO (mg/L)	1 250	185	460	≤ 200
SST (mg/L)	520	85	210	≤ 50
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	85 000	4 800	26 000	≤ 1 000
Nitrógeno total (mg/L)	14,2	3,1	9,5	≤ 10
Fósforo total (mg/L)	6,8	1,2	4,3	≤ 5

Nota. LMP: Límites Máximos Permisibles; ECA: Estándares de Calidad Ambiental. Puntos de muestreo: A (descarga), B (50 m aguas arriba), C (50 m aguas abajo). Los parámetros que superan los límites establecidos representan riesgo ambiental y sanitario.

Los resultados del primer muestreo evidencian una clara afectación de la calidad del agua en el Punto A debido a la descarga directa de aguas residuales del matadero. El pH en este punto es de 6,4, lo que indica una ligera acidificación en comparación con el Punto B (7,1). Esta variación sugiere que las aguas vertidas contienen compuestos que alteran el equilibrio químico del cuerpo receptor. Aguas abajo, en el Punto C, el pH se mantiene en 6,7, lo que indica una leve capacidad de amortiguación del ecosistema, aunque sigue siendo inferior al valor registrado aguas arriba.

En el Punto A se registraron concentraciones muy elevadas de DBO₅ y DQO, con valores de 870 mg/L y 1 250 mg/L respectivamente, lo que evidencia una fuerte carga de materia orgánica biodegradable y otros compuestos contaminantes. Aunque en el Punto C se observa una reducción de estos indicadores (310 mg/L de DBO₅ y 460 mg/L de DQO), las concentraciones siguen siendo considerablemente superiores a los límites permitidos. Esto demuestra que la quebrada no cuenta con la capacidad natural suficiente para depurar los contaminantes vertidos en su cauce.

El contenido de SST en el Punto A es de 520 mg/L, lo que representa más de 10 veces el límite permisible. Esto sugiere que la descarga contiene una alta cantidad de partículas en suspensión, lo que puede afectar la penetración de la luz y alterar los procesos biológicos en el agua. Además, la presencia de coliformes fecales en el Punto A (85 000 NMP/100 ml) es un indicativo de contaminación microbiológica severa. A pesar de la reducción observada en el Punto C (26 000 NMP/100 ml), este valor sigue siendo 26 veces superior al límite permisible, lo que representa un grave riesgo sanitario para las comunidades que podrían entrar en contacto con estas aguas.

Tabla 7
Resultados del muestreo 2

Parámetro	Punto A (Descarga)	Punto B (Aguas Arriba)	Punto C (Aguas Abajo)	LMP/ECA
pH	6,5	7,2	6,8	6,5 – 8,5
DBO ₅ (mg/L)	860	98	300	≤ 100
DQO (mg/L)	1 220	190	450	≤ 200
SST (mg/L)	510	90	205	≤ 50
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	82 000	5 000	24 500	≤ 1 000
Nitrógeno total (mg/L)	13,8	3,5	9,2	≤ 10
Fósforo total (mg/L)	6,5	1,3	4,1	≤ 5

Nota. LMP: Límites Máximos Permisibles; ECA: Estándares de Calidad Ambiental. Puntos de muestreo: A (descarga), B (50 m aguas arriba), C (50 m aguas abajo). Los parámetros que superan los límites establecidos representan riesgo ambiental y sanitario.

El segundo muestreo presenta valores similares al mes anterior, con una ligera reducción en algunos parámetros, pero sin cambios significativos en la carga contaminante. La DBO₅ sigue estando nueve veces por encima del límite permisible, lo que indica que el vertimiento sigue afectando la calidad del agua en la quebrada. El DQO también se mantiene en valores críticos, reflejando la persistencia de sustancias químicas que requieren una mayor cantidad de oxígeno para su descomposición.

La cantidad de coliformes fecales continúa representando un problema grave, con valores 82 veces superiores al estándar permitido. Esto confirma que la contaminación microbiológica es una constante y sugiere la necesidad de un tratamiento eficiente antes de que los efluentes sean descargados en la quebrada. La concentración de SST sigue superando los límites establecidos, lo que indica que la turbidez del agua continúa afectando el ecosistema acuático y su capacidad de autorregeneración.

Tabla 8
Resultados del muestreo 3

Parámetro	Punto A (Descarga)	Punto B (Aguas Arriba)	Punto C (Aguas Abajo)	LMP/ECA
pH	6,6	7,3	6,9	6,5 – 8,5
DBO ₅ (mg/L)	850	95	295	≤ 100
DQO (mg/L)	1 200	185	440	≤ 200
SST (mg/L)	500	88	200	≤ 50
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	80 500	5 200	23 800	≤ 1 000
Nitrógeno total (mg/L)	13,5	3,3	9	≤ 10
Fósforo total (mg/L)	6,3	1,4	4	≤ 5

Nota. LMP: Límites Máximos Permisibles; ECA: Estándares de Calidad Ambiental. Puntos de muestreo: A (descarga), B (50 m aguas arriba), C (50 m aguas abajo). Los parámetros que superan los límites establecidos representan riesgo ambiental y sanitario.

Los resultados del tercer muestreo muestran que el pH en el Punto A es de 6,6, lo que indica que la descarga de aguas residuales sigue afectando el equilibrio químico de la quebrada. Sin embargo, se observa una ligera mejoría en el Punto C (6,9), lo que sugiere que el cuerpo de agua presenta una capacidad limitada de recuperación. A pesar de ello, la constante alteración de la calidad del agua impide su estabilización.

Los valores de DBO₅ y DQO en el Punto A siguen siendo críticos, con 850 mg/L y 1 200 mg/L respectivamente, lo que indica una fuerte carga orgánica en el vertido. Aunque en el Punto C se observa una reducción (295 mg/L y 440 mg/L), los valores siguen siendo inaceptablemente altos. Esta persistencia en la contaminación demuestra que la autodepuración de la quebrada no es suficiente para mitigar el impacto del vertimiento.

En cuanto a los sólidos suspendidos totales (SST), se registra un valor de 500 mg/L en el Punto A, superando en 10 veces el límite permisible. Esto provoca un incremento en la turbidez del agua, lo que afecta la penetración de la luz y, por ende, la actividad fotosintética de los organismos acuáticos. Además, la concentración de coliformes fecales en el Punto A (80 500 NMP/100 ml) es extremadamente alta, lo que representa un grave riesgo para la salud pública. Aunque hay una reducción en el Punto C (23 800 NMP/100 ml), el valor sigue siendo 23 veces superior al límite permitido, lo que indica que la contaminación microbológica persiste a lo largo del curso de la quebrada.

Tabla 9
Resultados del muestreo 4

Parámetro	Punto A (Descarga)	Punto B (Aguas Arriba)	Punto C (Aguas Abajo)	LMP/ECA
pH	6,7	7,4	7	6,5 – 8,5
DBO ₅ (mg/L)	840	97	290	≤ 100
DQO (mg/L)	1 180	180	430	≤ 200
SST (mg/L)	490	85	195	≤ 50
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	79 500	5 100	23 200	≤ 1000
Nitrógeno total (mg/L)	13,2	3,2	8,8	≤ 10
Fósforo total (mg/L)	6,1	1,5	3,9	≤ 5

Nota. LMP: Límites Máximos Permisibles; ECA: Estándares de Calidad Ambiental. Puntos de muestreo: A (descarga), B (50 m aguas arriba), C (50 m aguas abajo). Los parámetros que superan los límites establecidos representan riesgo ambiental y sanitario.

El cuarto muestreo refleja valores similares a los meses anteriores, con una leve tendencia a la baja en algunos parámetros, pero con una persistencia en la contaminación. El pH en el Punto A es de 6,7, lo que indica una ligera estabilización en comparación con los muestreos anteriores. En el Punto C, el pH alcanza 7,0, lo que

sugiere una pequeña mejora en la capacidad del ecosistema para recuperar su equilibrio químico.

La concentración de DBO₅ y DQO en el Punto A sigue siendo extremadamente alta, con valores de 840 mg/L y 1 180 mg/L respectivamente, lo que evidencia que la carga orgánica sigue sin disminuir significativamente. A pesar de la reducción en el Punto C (290 mg/L y 430 mg/L), los niveles aún superan los límites permisibles, lo que confirma que la quebrada no puede procesar eficientemente los contaminantes sin una intervención externa.

El nivel de SST en el Punto A es de 490 mg/L, lo que sigue siendo altamente problemático, ya que afecta la calidad del agua y los procesos biológicos en el ecosistema acuático. La turbidez generada por estos sólidos en suspensión puede reducir la disponibilidad de oxígeno y afectar a especies sensibles a la contaminación. Además, los valores de coliformes fecales en el Punto A (79 500 NMP/100 ml) continúan siendo extremadamente elevados, representando un riesgo sanitario severo para las poblaciones cercanas. En el Punto C, la reducción a 23 200 NMP/100 ml sigue siendo insuficiente para garantizar la seguridad del agua en términos microbiológicos.

En términos de nutrientes, el nitrógeno y el fósforo totales muestran una leve reducción en comparación con los meses anteriores, con valores de 13,2 mg/L y 6,1 mg/L en el Punto A. No obstante, estos niveles siguen por encima de los límites permisibles, lo que sugiere un potencial riesgo de eutrofización en el ecosistema acuático. Aguas abajo, en el Punto C, los valores se reducen a 8,8 mg/L y 3,9 mg/L, lo que muestra que la quebrada tiene cierta capacidad de depuración, pero insuficiente para cumplir con los estándares ambientales.

Los resultados de este último muestreo confirman que la contaminación de la quebrada Trancayacu sigue siendo severa y que, a pesar de pequeñas fluctuaciones, los parámetros analizados se mantienen por encima de los límites normativos. Esto refuerza la necesidad de implementar medidas urgentes para reducir la carga contaminante y mejorar la calidad del agua en la zona afectada.

De igual forma se realizó la representación gráfica de cada uno de los parámetros durante los cuatro meses de monitoreos, A continuación, se presentan las gráficas:

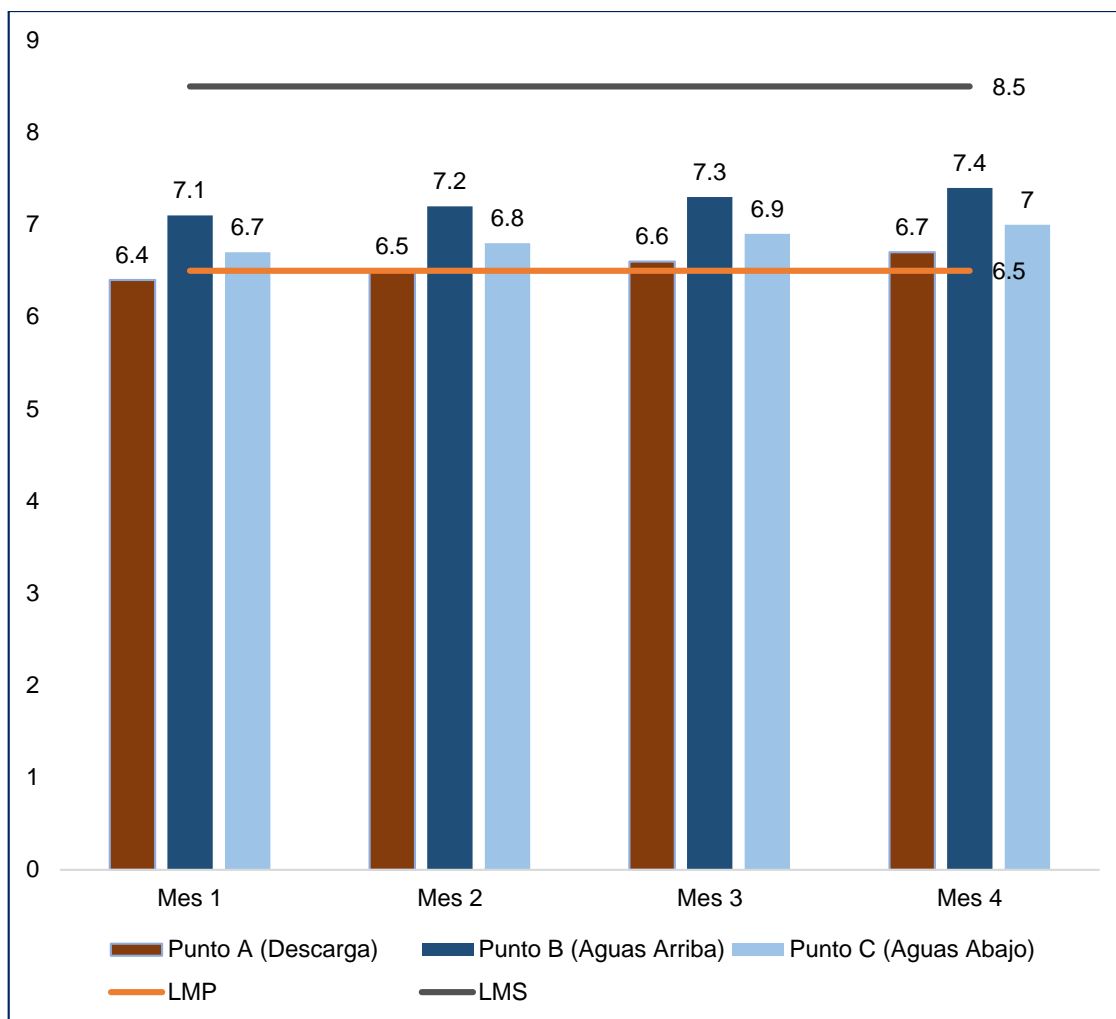


Figura 2

Resultados del pH durante los cuatro monitoreos - LMP/ECA.

El pH del agua en el Punto A varió entre 6,4 y 6,7 a lo largo de los cuatro muestreos, mostrando una ligera tendencia a la estabilización, aunque con valores ligeramente ácidos en comparación con el Punto B, donde el pH se mantuvo dentro del rango neutral (7,1 – 7,4). Esto indica que las aguas residuales vertidas en la quebrada contienen sustancias que modifican el equilibrio químico del agua, aunque el cuerpo receptor parece tener una capacidad limitada de amortiguación. En el Punto C, el pH mostró una ligera recuperación (6,7 – 7,0), lo que sugiere que el agua diluye parcialmente los contaminantes, aunque sin alcanzar una recuperación completa dentro de los estándares ideales.

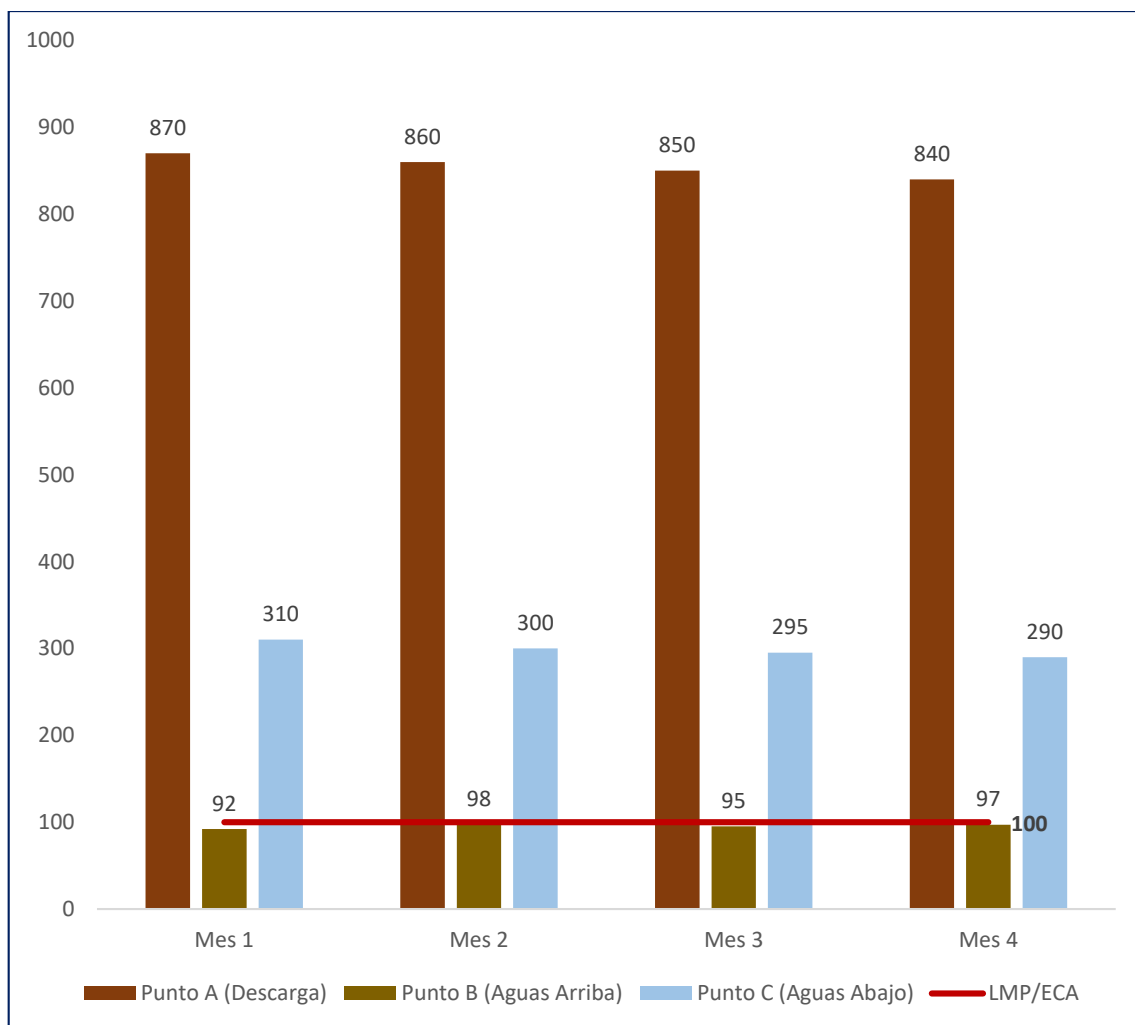


Figura 3

Resultados del DBO₅ durante los cuatro monitoreos - LMP/ECA

Los valores de DBO₅ en el Punto A se mantuvieron consistentemente elevados (870 - 840 mg/L), lo que indica una elevada carga orgánica biodegradable en las aguas residuales. Aguas arriba, en el Punto B, los valores oscilaron entre 92 y 98 mg/L, cercanos al LMP (≤ 100 mg/L), evidenciando que la calidad del agua antes del vertimiento era aceptable. Sin embargo, en el Punto C, los valores se mantuvieron elevados (310 - 290 mg/L), reflejando que la capacidad de autodepuración de la quebrada es insuficiente para reducir la carga contaminante a niveles aceptables en un corto tramo. Estos resultados demuestran que la descarga de aguas residuales impacta negativamente la demanda de oxígeno en el cuerpo receptor, afectando la disponibilidad de oxígeno para los organismos acuáticos.

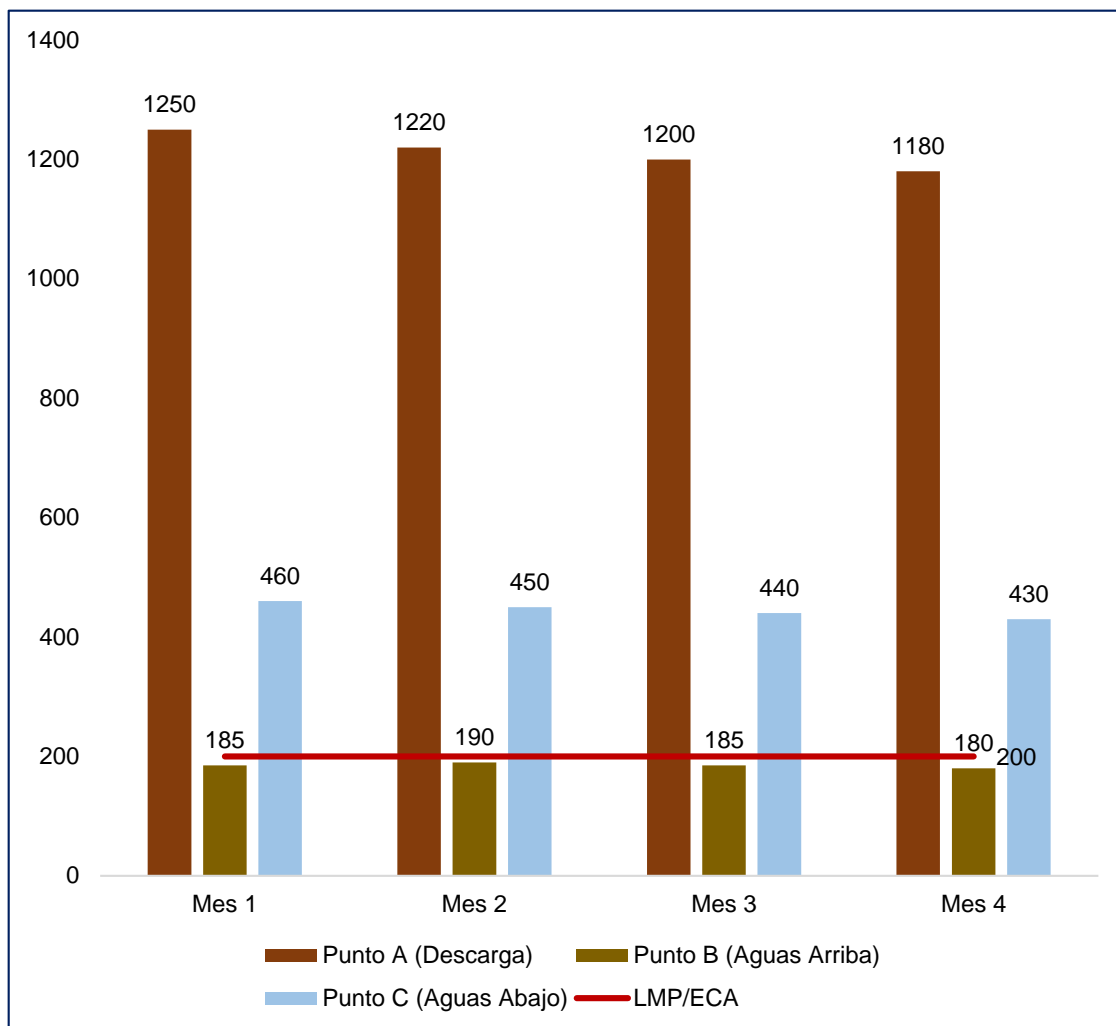


Figura 4

Resultados del DQO durante los cuatro monitoreos – LMP/ECA.

La DQO en el Punto A mostró valores alarmantes, fluctuando entre 1 250 y 1 180 mg/L, muy por encima del LMP (≤ 200 mg/L). Esto indica la presencia de sustancias químicas resistentes a la degradación biológica, lo que refuerza la idea de una alta contaminación orgánica e inorgánica en los efluentes del matadero. En el Punto B, los valores variaron entre 185 y 190 mg/L, dentro de los límites permisibles, lo que sugiere que el agua antes del vertimiento no tenía problemas significativos de contaminación química. En el Punto C, los valores disminuyeron levemente (460 - 430 mg/L), pero continuaron excediendo el estándar normativo. Esta tendencia confirma que la quebrada no tiene la capacidad de diluir y procesar eficientemente la contaminación química generada por el matadero.

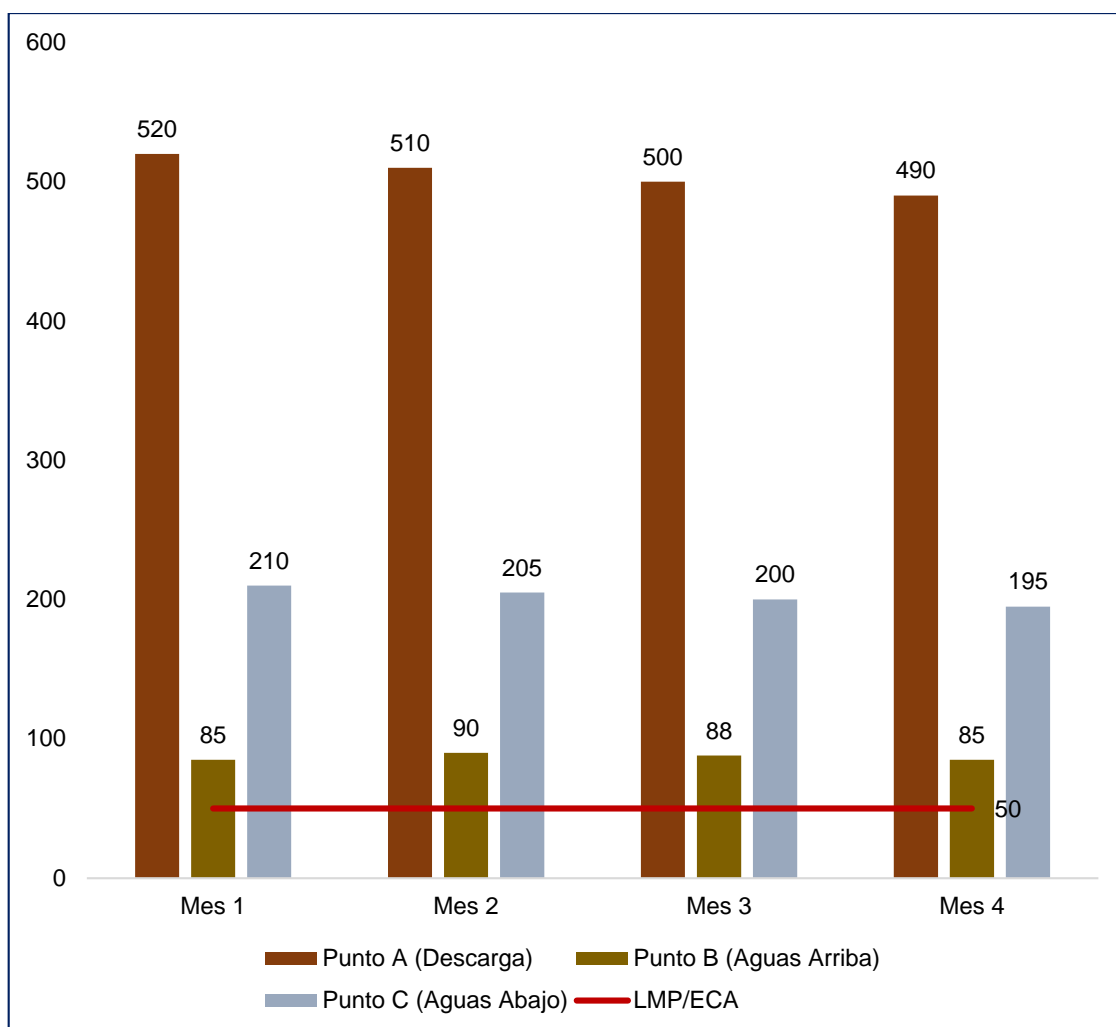


Figura 5

Resultados del SST durante los cuatro monitoreos – LMP/ECA.

El SST en el Punto A varió entre 520 y 490 mg/L, superando en más de 10 veces el LMP (≤ 50 mg/L). Esto indica que la descarga de aguas residuales contiene una gran cantidad de partículas en suspensión, lo que contribuye a la turbidez del agua y puede afectar los procesos de fotosíntesis en el ecosistema acuático. En el Punto B, los valores oscilaron entre 85 y 90 mg/L, lo que demuestra que la quebrada tiene una menor carga de sólidos en suspensión antes de la descarga. En el Punto C, los valores disminuyeron ligeramente (210 - 195 mg/L), aunque siguen siendo cuatro veces superiores al límite normativo. La persistencia de sólidos en suspensión puede tener impactos negativos a largo plazo, como la sedimentación en el fondo del cauce y la alteración del hábitat de especies acuáticas sensibles.

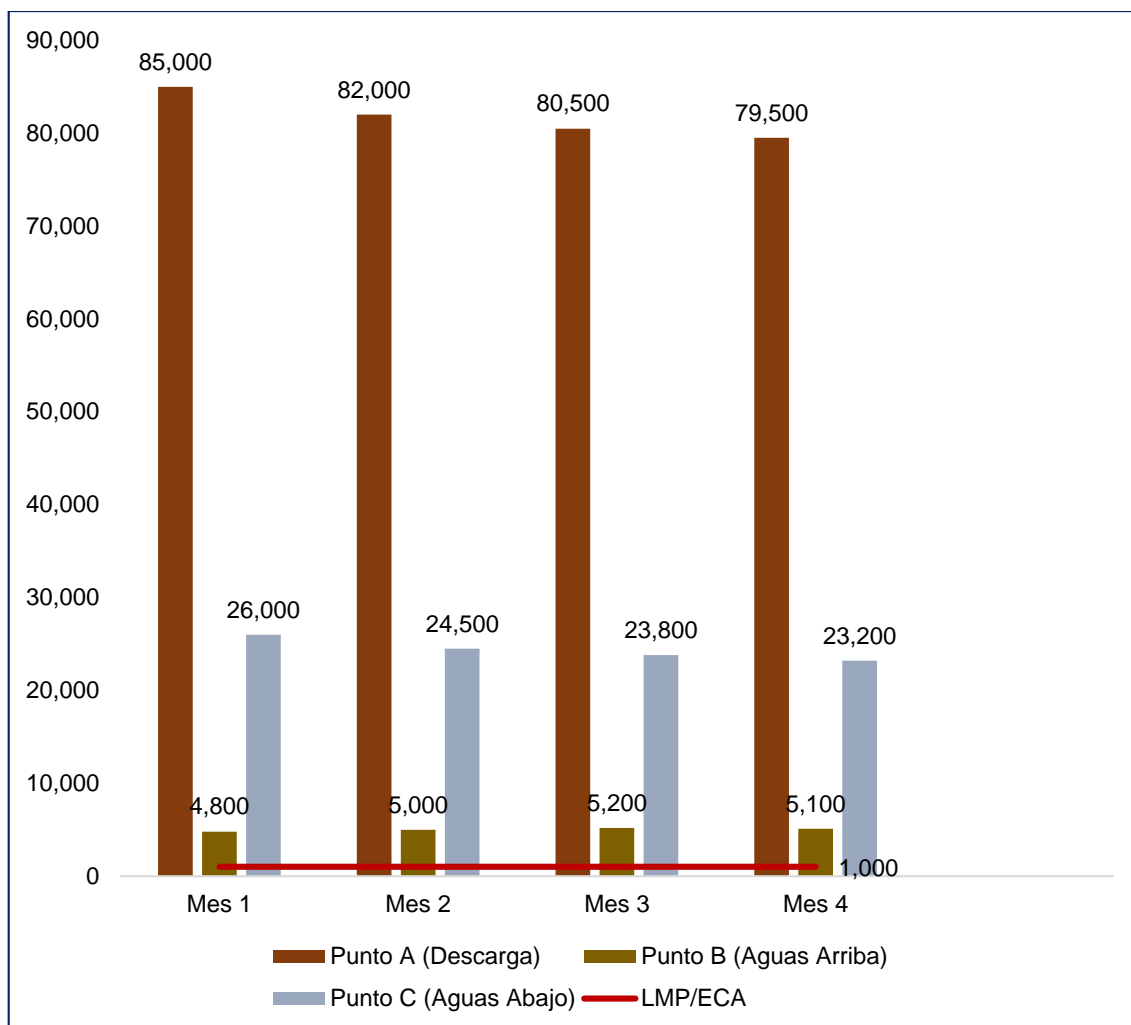


Figura 6

Resultados del Coliformes Fecales durante los cuatro monitoreos – LMP/ECA.

Los niveles de coliformes fecales en el Punto A fueron extremadamente elevados, con valores que oscilaron entre 85 000 y 79 500 NMP/100 ml, lo que indica una fuerte contaminación microbiológica y un alto riesgo sanitario. Estos valores son 85 veces superiores al LMP ($\leq 1\ 000$ NMP/100 ml), lo que hace que el agua sea totalmente inadecuada para cualquier tipo de uso humano. En el Punto B, los valores estuvieron entre 4 800 y 5 200 NMP/100 ml, lo que sugiere que la quebrada ya tenía una presencia de contaminación fecal previa al vertimiento, aunque en niveles mucho menores. En el Punto C, los valores disminuyeron levemente (26 000 – 23 200 NMP/100 ml), pero siguieron siendo muy superiores a los límites normativos. Estos resultados confirman la necesidad de implementar un tratamiento adecuado de las aguas residuales antes de su descarga en la quebrada para reducir la carga microbiológica.

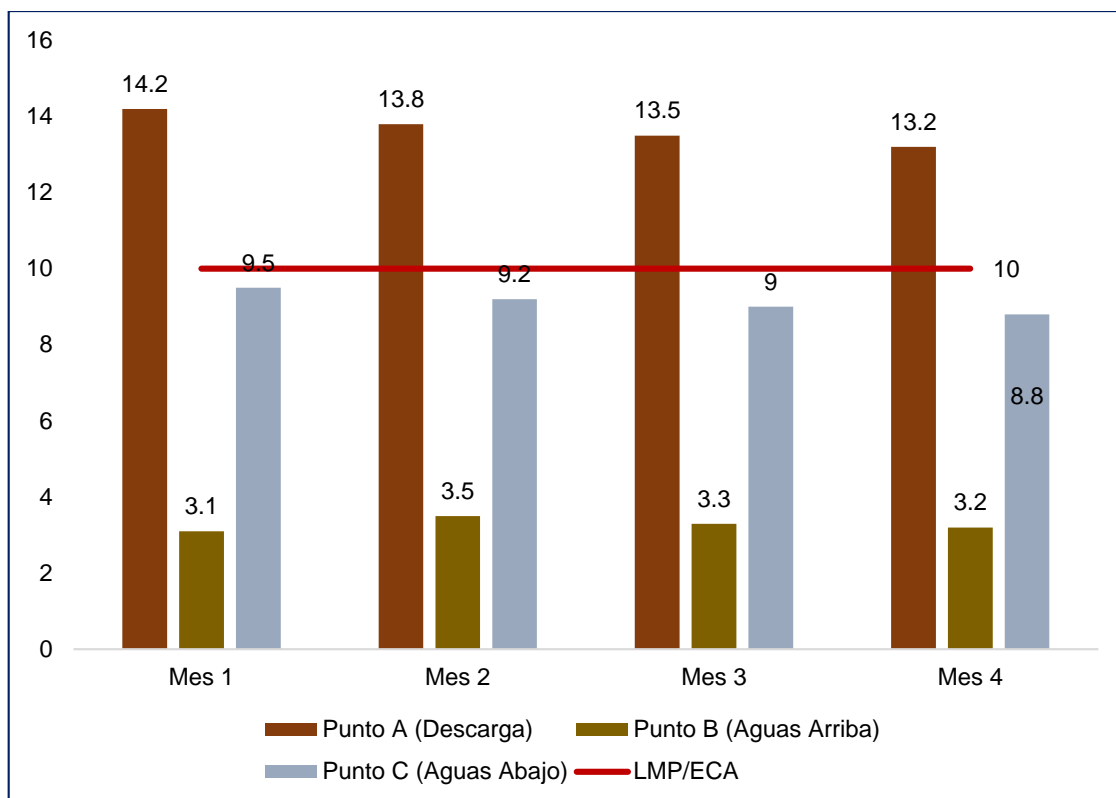


Figura 7

Resultados de Nitrógeno total durante los cuatro monitoreos – LMP/ECA.

El nitrógeno total en el Punto A varió entre 14,2 y 13,2 mg/L, superando el LMP (≤ 10 mg/L). Esto indica que las aguas residuales del matadero contienen una alta concentración de compuestos nitrogenados, que pueden contribuir a la eutrofización del agua y al crecimiento excesivo de algas. En el Punto B, los valores fluctuaron entre 3,1 y 3,5 mg/L, dentro de los límites permitidos, lo que confirma que antes del vertimiento, la quebrada tenía una menor concentración de este nutriente. En el Punto C, los valores oscilaron entre 9,5 y 8,8 mg/L, lo que sugiere que parte del nitrógeno es absorbido o utilizado en procesos biológicos aguas abajo, aunque sigue siendo preocupante para la calidad del agua.

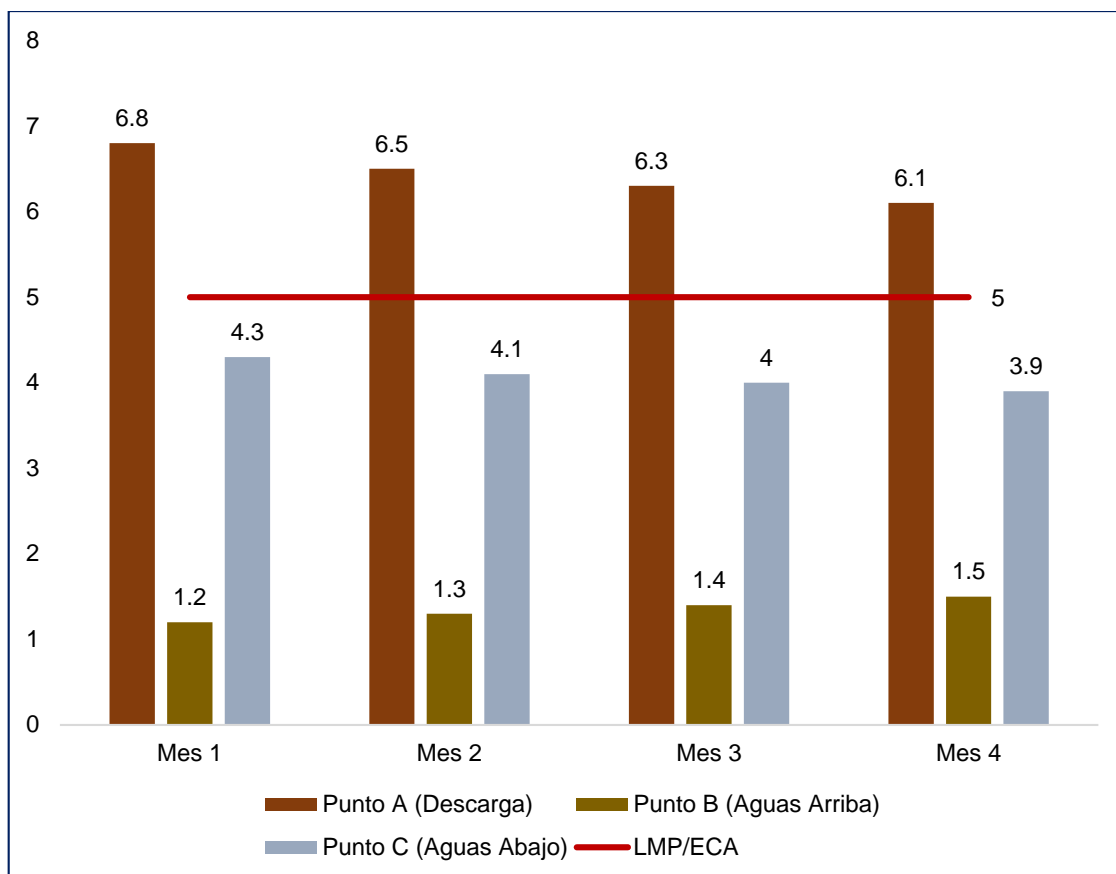


Figura 8
Resultados de Fósforo total durante los cuatro monitoreos – LMP/ECA.

El fósforo total en el Punto A se mantuvo en valores elevados (6,8 – 6,1 mg/L), superando el LMP (≤ 5 mg/L). Esto indica que las aguas residuales del matadero contienen una alta carga de compuestos fosforados, que pueden promover la proliferación de algas y afectar la disponibilidad de oxígeno en la quebrada. En el Punto B, los valores estuvieron entre 1,2 y 1,5 mg/L, dentro de los límites permisibles, lo que sugiere que antes del vertimiento, la concentración de fósforo en la quebrada era baja. En el Punto C, los valores oscilaron entre 4,3 y 3,9 mg/L, lo que indica que la quebrada tiene cierta capacidad de retención de este nutriente, aunque sin lograr reducirlo completamente a niveles adecuados.

4.3. Resultado específico 3: Medidas de mitigación ambiental ante los riesgos ambientales identificados y evaluados

A partir de los riesgos ambientales identificados y la caracterización de las aguas residuales vertidas en la quebrada Trancayacu, se establecieron medidas de mitigación orientadas a reducir los impactos negativos y mejorar la calidad del ecosistema acuático. Estas medidas se fundamentaron en la evaluación de los parámetros de contaminación y en la identificación de las principales problemáticas ambientales.

Los resultados evidenciaron que los niveles de DBO₅ y DQO superan ampliamente los Límites Máximos Permisibles (LMP), indicando una fuerte carga orgánica en las aguas residuales. Asimismo, la elevada concentración de coliformes fecales representa un riesgo significativo para la salud pública. La presencia de sólidos suspendidos totales (SST) en altas concentraciones afecta la turbidez del agua y contribuye a la alteración del hábitat acuático. Además, la deforestación de las riberas y la erosión del suelo incrementan la sedimentación en la quebrada, afectando su capacidad de autorregulación.

A continuación, se presentan las principales medidas de mitigación propuestas, clasificadas en un período de cuatro meses para su implementación progresiva:

Tabla 10
Plan de mitigación

Mes	Medida	Descripción	Objetivo	Viabilidad
Mes 1	Educación y sensibilización ambiental	Talleres dirigidos a trabajadores del matadero y la comunidad sobre el manejo adecuado de residuos.	Fomentar prácticas sostenibles y reducir la contaminación de la quebrada.	Alta (bajo costo y alto impacto en la concientización).
Mes 1	Monitoreo continuo de calidad del agua	Implementación de estaciones de monitoreo en los puntos de muestreo para análisis periódicos.	Evaluar la efectividad de las medidas y detectar variaciones en la calidad del agua.	Media (requiere capacitación y equipamiento especializado).
Mes 2	Revegetación de la zona ribereña	Reforestación con especies nativas para estabilizar el suelo y mejorar la filtración de contaminantes.	Restaurar la vegetación para reducir la erosión y mejorar la retención de contaminantes.	Alta (requiere apoyo de la comunidad y mantenimiento adecuado).
Mes 3	Optimización del uso del agua en el matadero	Implementación de tecnologías de recirculación y reducción del consumo de agua.	Disminuir el volumen de efluentes generados y reducir el impacto ambiental.	Media (requiere inversión inicial, pero genera beneficios económicos a largo plazo).
Mes 4	Tratamiento de aguas residuales	Instalación de un sistema de tratamiento primario y secundario con sedimentadores y biodigestores anaerobios.	Reducir las concentraciones de DBO ₅ , DQO y coliformes fecales antes del vertimiento.	Alta (requiere inversión inicial, pero es sostenible a largo plazo).

El primer mes se enfocará en la educación ambiental y el monitoreo de la calidad del agua, sentando las bases para evaluar los impactos y capacitar a la comunidad en buenas prácticas ambientales. Estas acciones permitirán la identificación temprana de problemáticas específicas y fomentarán la participación activa de la población. En el

segundo mes, se implementará la revegetación de la zona ribereña para reducir la erosión y mejorar la filtración de contaminantes. La estabilización del suelo mediante la plantación de especies nativas contribuirá a la recuperación progresiva del ecosistema acuático.

El tercer mes se destinará a la optimización del uso del agua en el matadero, promoviendo tecnologías de reutilización y eficiencia en el consumo. Esta acción permitirá disminuir la cantidad de efluentes generados y reducirá el impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales. Finalmente, en el cuarto mes, se procederá con la instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en el matadero municipal. La implementación de un sistema de tratamiento primario y secundario garantizará la reducción de contaminantes antes del vertimiento en la quebrada, contribuyendo significativamente a la mejora de la calidad del agua.

Estas medidas, implementadas de manera conjunta y con un enfoque progresivo, permitirán reducir los impactos negativos de las descargas de aguas residuales y restaurar progresivamente la quebrada Trancayacu. La participación de la comunidad y el compromiso de las autoridades locales serán determinantes para el éxito y sostenibilidad de estas acciones.

La descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu ha tenido un impacto significativo en la calidad del agua, la biodiversidad acuática y la salud pública, lo cual se refleja en los resultados obtenidos. Los elevados valores de DBO₅ y DQO en el Punto A, con 870 mg/L y 1 250 mg/L respectivamente, coinciden con los hallazgos de Ruiz (2018), quienes también documentaron altos niveles de estos parámetros en los efluentes del camal municipal, sugiriendo una alta carga orgánica que afecta la calidad del agua y la disponibilidad de oxígeno.

Además, los resultados del pH en el Punto A (6,4 – 6,7) y la tendencia a la acidificación del agua también se alinean con los reportes de Cutiño *et al.* (2019), quienes encontraron un pH ligeramente ácido en las aguas residuales de un matadero en Namibe, Angola, lo que indica la alteración del equilibrio químico del cuerpo receptor debido a la presencia de compuestos ácidos en las aguas. En cuanto a la contaminación microbiológica, los niveles de coliformes fecales (85 000 NMP/100 ml en el Punto A) son alarmantemente altos y reflejan un grave riesgo sanitario Griffero *et al.* (2019).

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman que la contaminación microbiológica es un factor crítico que afecta tanto la salud pública como la biodiversidad acuática. Respecto a la eutrofización, los niveles elevados de nitrógeno total (14,2 – 13,2 mg/L) en el Punto A, similares a los encontrados por Nieto *et al.* (2021), reflejan la

presencia de nutrientes que promueven el crecimiento descontrolado de algas y alteran la dinámica del ecosistema acuático. En este estudio, los niveles de fósforo total en el Punto A (6,8 – 6,1 mg/L) siguen una tendencia similar a la reportada por Cusiche y Miranda (2019), lo que resalta la importancia de controlar los nutrientes en las aguas.

La revegetación de las zonas ribereñas propuesta en este estudio, junto con el monitoreo continuo de la calidad del agua, se alinea con las recomendaciones de Cutiño *et al.* (2019) sobre la gestión de residuos en mataderos, donde propusieron el uso de tecnologías sostenibles, como los sistemas de biogás, para mitigar la contaminación. La revegetación es clave para restaurar la vegetación ribereña, reducir erosión y mejorar la filtración de contaminantes, como se indica en los estudios de Triana (2019)

Además, la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en el matadero, tal como se propone en este estudio, es una solución crítica que se ha documentado como efectiva en estudios previos, como el de Rojas y Suyon (2019), quienes encontraron que los sistemas de tratamiento primario y secundario son esenciales para reducir los contaminantes antes de ser vertidos en cuerpos de agua.

CONCLUSIONES

1. En relación al primer objetivo específico sobre la identificación y evaluación de riesgos ambientales, se determinaron ocho peligros asociados a la descarga de aguas residuales del camal municipal, de los cuales cuatro fueron categorizados como de riesgo ALTO: contaminación del agua (nivel 25), impacto en la salud pública (nivel 20), alteración del hábitat acuático (nivel 16) y reducción de la biodiversidad (nivel 16). Los riesgos de nivel MEDIO incluyeron afectación a la flora ribereña, erosión de orillas, olores desagradables e impacto en actividades recreativas. Esta evaluación evidencia que la ausencia de tratamiento de efluentes genera un deterioro progresivo del ecosistema acuático y representa una amenaza sanitaria significativa.
2. Respecto al segundo objetivo sobre la caracterización de aguas residuales y el cuerpo receptor, los resultados revelaron que todos los parámetros evaluados en el punto de descarga exceden significativamente los Límites Máximos Permisibles: DBO₅ (855 mg/L, 8.5 veces sobre el LMP), DQO (1,212.5 mg/L, 6 veces), SST (505 mg/L, 10 veces), coliformes fecales (81,750 NMP/100 ml, 82 veces), nitrógeno total (13.7 mg/L, 1.4 veces) y fósforo total (6.4 mg/L, 1.3 veces). La comparación entre los tres puntos de monitoreo demostró que la quebrada Trancayacu presenta una capacidad limitada de autodepuración, con reducciones de contaminantes entre el punto de descarga y 50 m aguas abajo de aproximadamente 65% en DBO₅ y 71% en coliformes fecales.
3. En cuanto al tercer objetivo sobre medidas de mitigación, se diseñó un plan progresivo de cuatro meses que incluye: educación ambiental y monitoreo continuo (mes 1), revegetación ribereña (mes 2), optimización del uso de agua mediante tecnologías de recirculación (mes 3), e instalación de un sistema de tratamiento primario y secundario con sedimentadores y biodigestores anaerobios (mes 4). Este plan prioriza acciones según urgencia y viabilidad técnico-económica, considerando aspectos técnicos y sociales para garantizar la sostenibilidad de las soluciones mediante el compromiso de la municipalidad, trabajadores del camal y la comunidad.
4. En conclusión, general, la descarga sin tratamiento de aguas residuales del camal municipal genera riesgos ambientales de alta criticidad que comprometen el ecosistema acuático y la salud pública. Los efluentes superan ampliamente los límites normativos y la capacidad natural de autodepuración de la quebrada es

insuficiente para mitigar estos impactos. La implementación urgente del plan de mitigación propuesto, particularmente el sistema de tratamiento de aguas residuales, es indispensable para revertir el deterioro ambiental y prevenir consecuencias sanitarias graves en las comunidades ribereñas.

RECOMENDACIONES

1. A las autoridades competentes (Municipalidad de Rioja y entidades ambientales): Se recomienda implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales en el camal municipal que incluya tratamiento primario y secundario para eliminar sólidos, materia orgánica y microorganismos patógenos antes del vertido en la quebrada Trancayacu. Asimismo, es necesario fortalecer la regulación y control sobre los efluentes generados, estableciendo normativas más estrictas y un sistema de monitoreo con inspecciones regulares. Se sugiere desarrollar un programa de revegetación ribereña priorizando especies nativas que favorezcan la filtración de contaminantes, y promover el ecoturismo como estrategia de desarrollo económico sostenible.
2. A los administradores y trabajadores del camal municipal: Es fundamental adoptar buenas prácticas de manejo ambiental en las operaciones diarias, incluyendo la correcta disposición de residuos sólidos, reducción del consumo de agua y separación de efluentes según su grado de contaminación. Se recomienda participar activamente en programas de capacitación sobre gestión ambiental y tratamiento de aguas residuales, asumiendo el compromiso de implementar las medidas correctivas necesarias. Es esencial colaborar con las autoridades municipales en la implementación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.
3. A los profesionales del área ambiental: Se recomienda realizar investigaciones complementarias sobre el impacto a largo plazo de la contaminación por aguas residuales de mataderos en ecosistemas acuáticos similares. Es necesario desarrollar estudios de factibilidad técnica y económica para diferentes alternativas de tratamiento de aguas residuales aplicables a mataderos municipales. Se sugiere establecer programas de monitoreo continuo de la calidad del agua y la biodiversidad en la quebrada Trancayacu para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación implementadas, y fortalecer la colaboración interinstitucional.
4. A futuros tesisistas e investigadores: Se recomienda profundizar en el estudio de tecnologías de bajo costo y alta eficiencia para el tratamiento de aguas residuales de mataderos. Es importante investigar el impacto socioeconómico de la contaminación hídrica en las comunidades aledañas, evaluando aspectos de salud pública, actividades económicas y calidad de vida. Se sugiere desarrollar propuestas de educación ambiental comunitaria adaptadas al contexto local,

diseñando estrategias efectivas de sensibilización sobre la protección de recursos hídricos. Asimismo, se recomienda evaluar la efectividad de programas de revegetación ribereña y realizar estudios comparativos sobre la gestión de efluentes en mataderos de diferentes municipalidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEMA. (2014). *Origen y composición de las aguas residuales en mataderos*. <http://aguasindustriales.es/origen-y-composicion-de-las-aguas-residuales-en-mataderos/>
- Autoridad Nacional del Ambiente. (2005). *Producción más limpia para el sector de beneficio de ganado bovino y porcino*. Perú.
- Anda Sánchez, J. (2017). Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México. *Sociedad y Ambiente*, (14), 119-143. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-65762017000200119&lng=es&nrm=iso
- AQUAE. (2024). Principales causas y consecuencias de la contaminación en el agua. <https://www.fundacionaquae.org/agua-y-contaminacion/>
- Barrera Godoy, H. D., & Ramos López, D. C. (2007). Propuesta para la gestión de los efluentes líquidos de origen doméstico en proyectos urbanísticos [Tesis de doctorado, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional UES. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/2613>
- Bidault, O. (2016). ¿Qué factores determinan la calidad del agua? Lógica del agua. <https://www.waterlogic.es/blog/que-factores-determinan-la-calidad-del-agua/>
- Camacho Botero, L. A. (2020). La paradoja de la disponibilidad de agua de mala calidad en el sector rural colombiano. *Revista de Ingeniería*, (49), 38-51. <https://doi.org/10.16924/revinge.49.6>
- Care. (2021). 9 formas de promover un uso responsable y eficiente del agua en casa. <https://care.org.pe/9-formas-de-proresponsable-y-eficiente-del-agua-en-casa/>
- CHAER. (2020). *Mitigación de un impacto ambiental*. <https://chaer.com.ar/mitigacion/>
- Cutiño-Oliva, J. F., Tchipela-Hungulo, E. A., Campdesuñer-Almaguer, I. E., & Cutiño-Oliva, Z. (2019). Gestión ambiental de los residuos del matadero en Namibe Angola. *Ciencias Holguín*, 25(3), 1-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181560147004>
- Cusiche Pérez, L. F., & Miranda Zambrano, G. A. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1433-1447.

- Digimed. (2023). ¿Qué es el efluente? <https://www.digimed.ind.br/br/suporte/blog/que-es-efluente>
- Diz Mellado, O. M. (2020). Técnicas de biología molecular en el diagnóstico de enfermedades infecciosas. NPunto Revista, III (30). <https://www.npunto.es/revista/30/tecnicas-de-biologia-molecular-en-el-diagnost>
- Esneca. (2024). Normatividad ambiental: qué es, qué regula y ejemplos. <https://www.esneca.com/blog/normatividad-ambiental-tipos-ejemplos/>
- Espinoza, S. (2017). *Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales del Camal Municipal del Distrito de Tumán* (Tesis de pregrado). Universidad de Lambayeque, Perú. <http://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/111>
- Flowen. (2022). ¿Qué son las aguas residuales? <https://flowen.com.pe/que-son-las-aguas-residuales/>
- Griffero, L., Alcántara-Durán, J., Alonso, C., Rodríguez-Gallego, L., Moreno-González, D., García-Reyes, J. F., Molina-Díaz, A., & Pérez-Parada, A. (2019). Basin-scale monitoring and risk assessment of emerging contaminants in South American Atlantic coastal lagoons. *Science of The Total Environment*, 697, 134058. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134058>
- Macías Párraga, R., & Díaz Aguirre, S. (2010). Estrategias generales para el control y prevención de la contaminación del agua superficial en la cuenca del Río Portoviejo. Revista CENIC. *Ciencias Biológicas*, 41, 1-7. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181220509053.pdf>
- MAPFRE Empresas & CAJAMADRID Empresas. (2005). *Minimización del riesgo medioambiental en los mataderos* (Guías medioambientales). ITSEMAP. <https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico//26846.do>
- MIDAGRI. (2012). Decreto Supremo N.º 15-2012-AG: Reglamento Sanitario del Faenado de Animales de Abasto. Diario Oficial El Peruano, 478346. <https://www.gob.pe/institucion/senasa/normas-legales/962261-15-2012-ag>
- MINAM (2010). Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (D.S. 003-2010-MINAM). <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/-supremo-n-003-2010-minam>
- Mowbray, S. (2022). Soluciones innovadoras para las aguas residuales: ¿cómo abordar el problema mundial de los desechos humanos? Mongabay.

<https://es.mongabay.com/2022/03/soluciones-innovadoras-para-aguas-residuales-desechos-humanos/>

Municipalidad Distrital de Santa. (2024). Camal municipal. Recuperado el 2024, de <https://www.munidistsanta.gob.pe/camal-municipal.html>

Nieto-Juárez, J. I., Torres-Palma, R. A., Botero-Coy, A. M., & Hernández, F. (2021). Pharmaceuticals and environmental risk assessment in municipal wastewater treatment plants and rivers from Peru. *Environment International*, 155, 106674. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106674>

Niño Seclen, C. P. (2015). *Propuesta de un sistema de gestión ambiental basado en la norma ISO 14001: 2004 para el matadero municipal de la ciudad de Lambayeque* (Tesis de pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Lambayeque, Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/496>

Nolasco Salazar, C. O. (2018). *Influencia del vertido del efluente líquido del Camal Municipal de Nueva Cajamarca en el ecosistema acuático del canal Galindona* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio Institucional Digital UCSS. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/607>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2018). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494>

Osorio Robles, F., Torres Rojo, J. C., y Sánchez Bas, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales*. Díaz de Santos. https://catoute.unileon.es/permalink/34BUC_ULE/ar7q83/alma99290012606036

REDIAM. (2010). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/221>

Rodríguez de Jorge, L. (2020). El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes. *iagua*. <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>

- Rojas Adrianzén, L. P., & Suyón Díaz, E. del P. (2019). *Identificar los impactos ambientales en el camal municipal de Chiclayo – 2019* [Tesis de grado, Universidad de Lambayeque]. Repositorio Institucional UDL. <http://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/255>
- Ruiz Sánchez, P. (2019). *Evaluación de los impactos ambientales del sacrificio del ganado en el camal municipal de la provincia de San Martín* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. Repositorio Institucional UNSM. <http://hdl.handle.net/11458/3134>
- Responsabilidad Social y Sustentabilidad. (2022). Impacto ambiental: Qué es, definición, tipos, causas, medición y ejemplo. <https://responsabilidadsocial.net/impacto-ambiental-que-es-definicion-tipos-causas-medicion-y-ejemplo/>
- Sarkar, A., Sharma, B. y Shekhar, S. (Eds.). (2023). Biodegradability of conventional plastics: Opportunities, challenges, and misconceptions. *Elsevier*. <https://search.worldcat.org/es/title/1344491122>
- Sáez López, J. M. (2017). *Investigación educativa: fundamentos teóricos, procesos y elementos prácticos: enfoque práctico con ejemplos, esencial para TFG, TFM y tesis*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Schiffman, S. S., Walker, J. M., Dalton, P., Lorig, T. S., Raymer, J. H., Shusterman, D., & Williams, C. M. (2004). Potential health effects of odor from animal operations, wastewater treatment, and recycling of byproducts. *Journal of Agromedicine*, 9(2), 397-403. https://doi.org/10.1300/j096v09n02_09
- Telwesa. (2023). El impacto ambiental de las aguas residuales. <https://telwesa.com/impacto-ambiental-aguas-residuales/>
- Telwesa. (2022). Aguas residuales: Definición y clasificación. <https://telwesa.com/aguas-residuales/>
- Triana Barrera, K. M. (2019). *Impactos ambientales generados en plantas de beneficio bovino* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/26920/%09ktrianab.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- UNIR. (2024). Riesgos ambientales: qué son, tipos y evaluación. <https://www.unir.net/ingenieria/revista/riesgos-ambientales/>

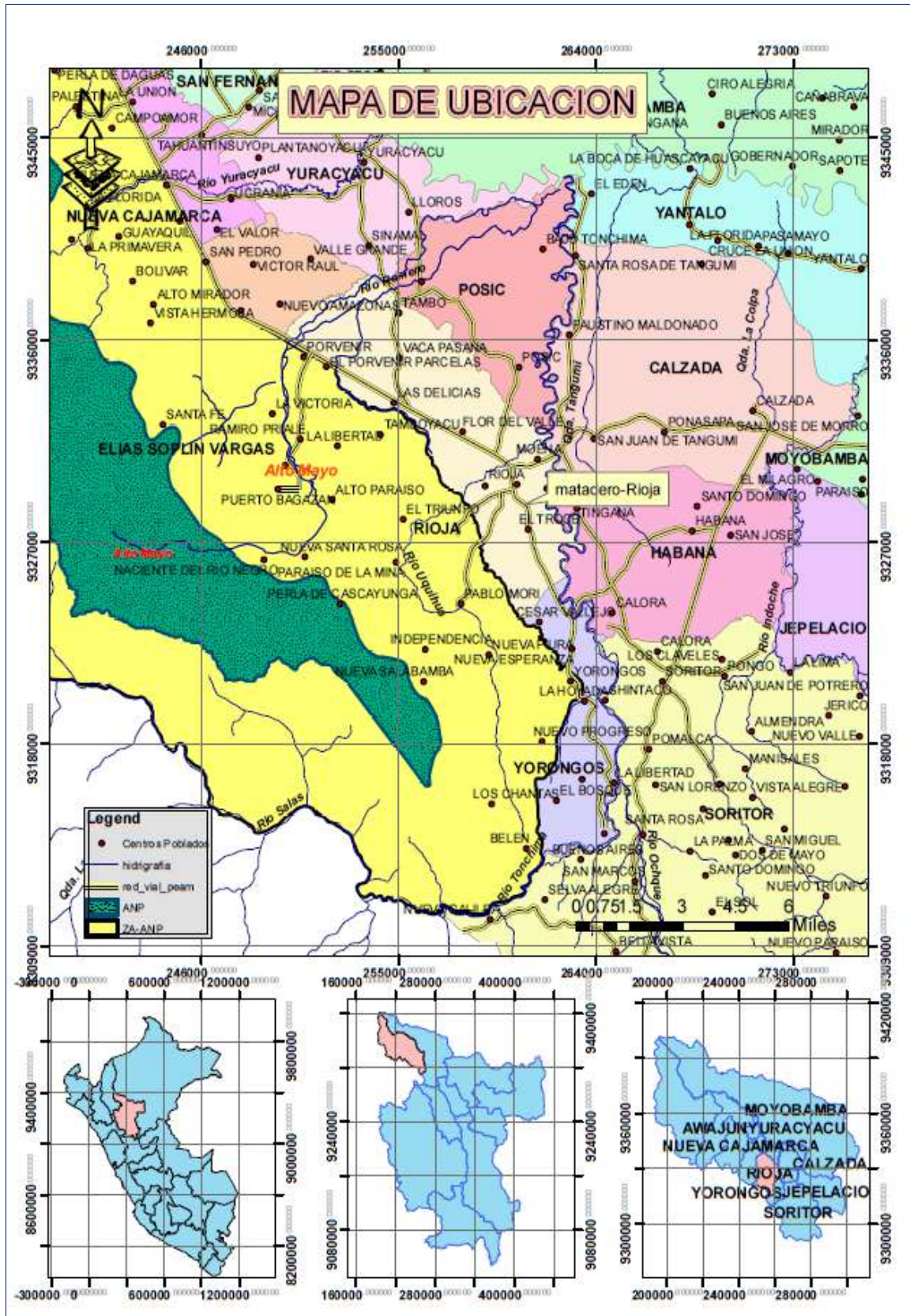
UNESCO (2006). *Balance hídrico dinámico e integrado de El Salvador: componente evaluación de recursos hídricos*.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000228142>

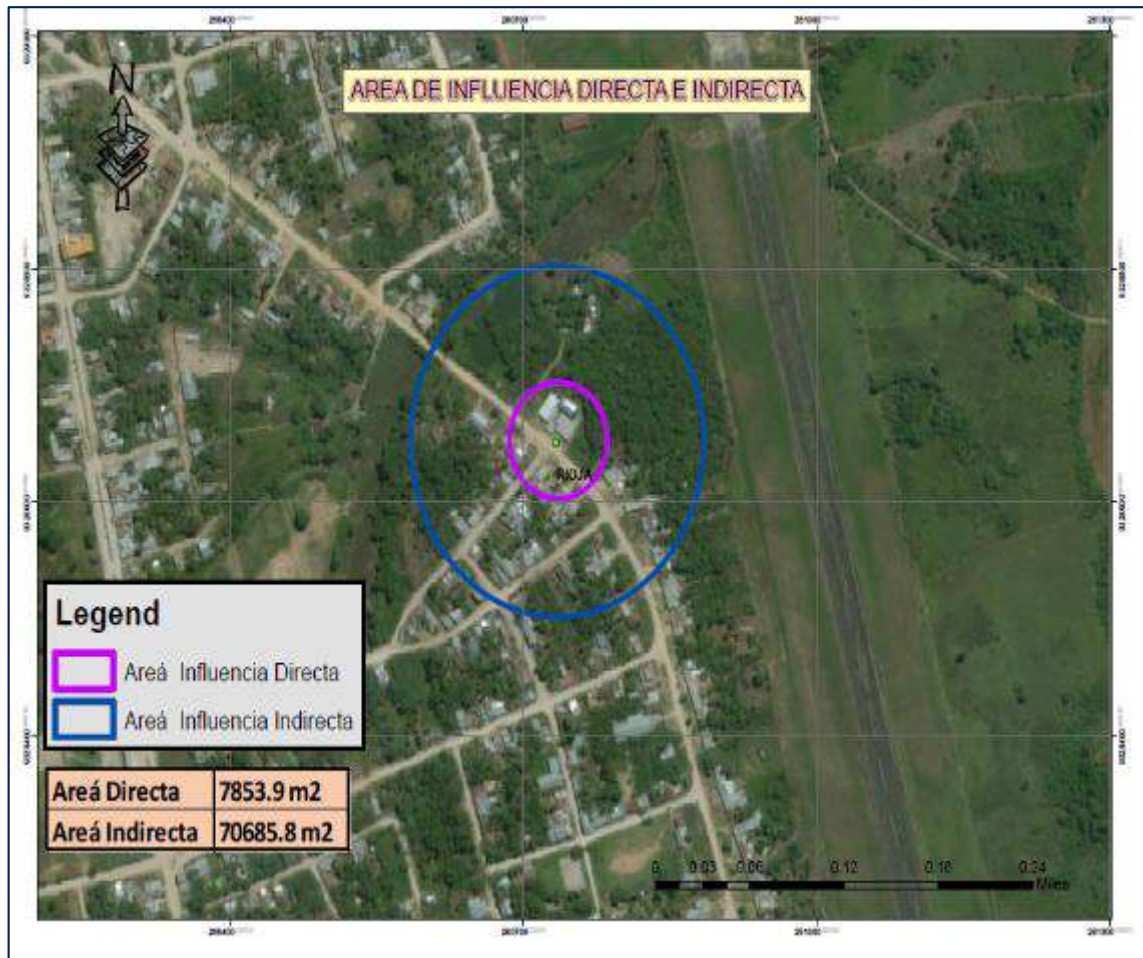
Vaccari, D. A., Strom, P. F., & Alleman, J. E. (2006). *Environmental biology for engineers and scientists*. Wiley-Interscience. <https://search.worldcat.org/title/85820628>

ANEXOS

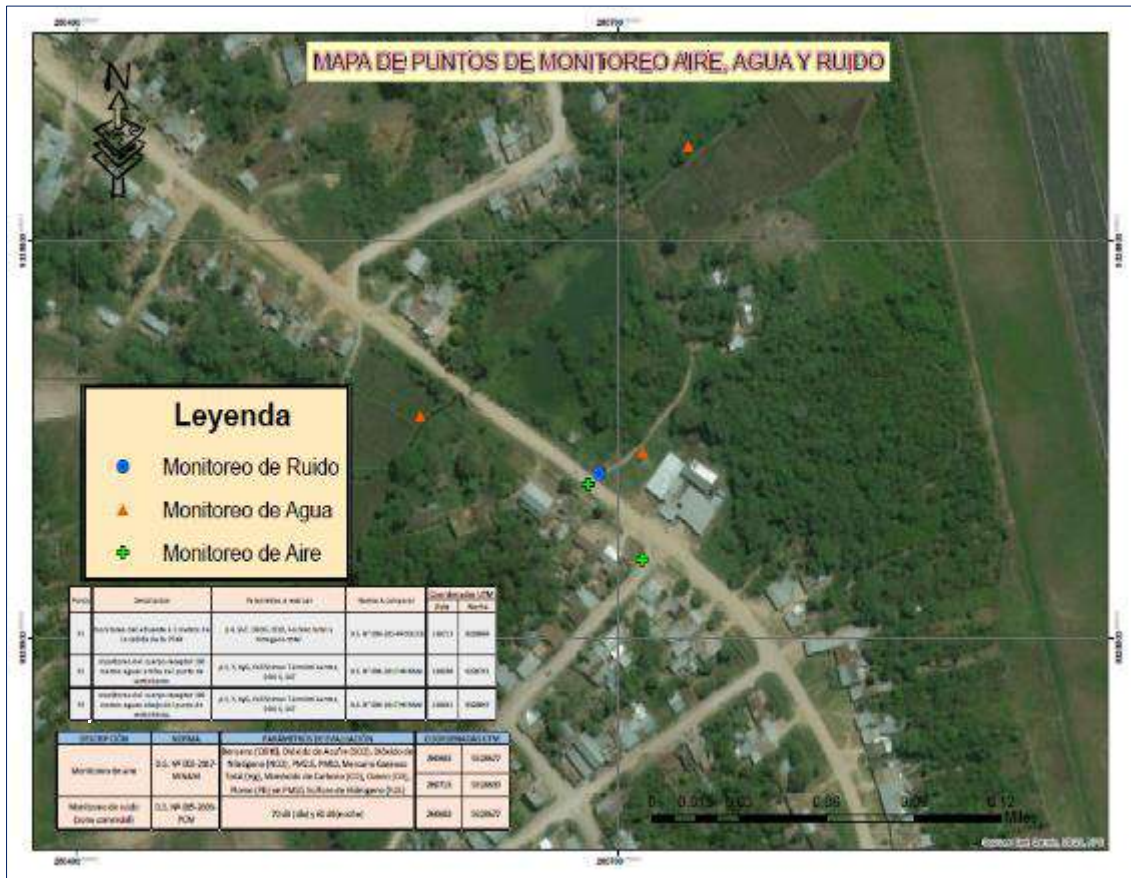
Anexo 1. Mapa de ubicación



Anexo 3. Mapa de ubicación del área de influencia



Anexo 4. Mapa de puntos de monitoreo



Juan Jose Esparraga Caro

Determinación de riesgos ambientales por descarga de aguas residuales del camal municipal en la quebrada Trancayacu-Ri...

 Revisión por el Repositorio Institucional

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:579782311

Fecha de entrega

17 abr 2026, 10:35 GMT-5

Fecha de descarga

17 abr 2026, 10:39 GMT-5

Nombre del archivo

MAEST. GEST.AMB. - Juan José Esparraga Caro.pdf

Tamaño del archivo

1.6 MB

63 páginas

14.688 palabras

86.018 caracteres




15% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 12%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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