

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CABANILLAS POR EFECTO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, PUNO - 2026

PRESENTADA POR:

MATEO CHUQUICALLATA PARICAHUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2026



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



18.75%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 22 JUN 2026, 12:38 AM

Originality & Authorship Report

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

IDENTICAL
2.95%

CHANGED TEXT
15.8%

Report #33909845

MATEO CHUQUICALLATA PARICAHUA // VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA D
EL RÍO CABANILLAS POR EFECTO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, PUNO - 2026

RESUMEN El objetivo de este trabajo fue medir la pureza del río
Cabanillas, considerando el flujo de aguas residuales de la laguna
oxidada del distrito de Cabanilla, Puno, durante el año 2026. **1 De conformidad**
con el Protocolo Nacional para la Evaluación de la Calidad de los
Recursos Hídricos Superficiales, se han recolectado muestras en tres
ubicaciones distintas: antes del vertimiento en M°01, en el cruce
con M°02 y posteriormente después del contacto con M°03. El
estudio previo indicó un pH de 7.53, una conductividad eléctrica de
0.15 mS/cm, una temperatura de 13.5 grados Celsius, una
concentración de sólidos disueltos de 0.07 g/L, una alcalinidad de
110.9 mg/L y la presencia de coliformes termotolerantes en una
cantidad de 59 NMP/100 ml, lo que cumple con el estándar ECA
de categoría 3. En el epicentro del impacto, se registró un leve
aumento en la conductividad eléctrica de 0.26 mS/cm. La temperatura alcanzó los
17.5 °C, mientras que la concentración de sólidos disueltos fue de
0.13 mg/L. Asimismo, los niveles de coliformes totales se situaron
en 650 NMP/100 ml y los coliformes termotolerantes en 64 NMP/100
ml, ambos dentro de los parámetros establecidos por el ECA. En la

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

**VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CABANILLAS POR
EFECTO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE
OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, PUNO - 2026**

PRESENTADA POR:

MATEO CHUQUICALLATA PARICAHUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

: 
Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dra. CELIA VERENISSEE ORTIZ DE ORUE ROJAS

ASESOR DE TESIS

: 
Mg. LUIS ALBERTH ROSSEL BERNEDO

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 03 de julio del 2026.

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a Dios, por brindarme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar cada desafío y permitirme alcanzar una de mis metas más importantes en mi formación profesional.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante, sus consejos y por ser el pilar fundamental en mi vida. Gracias por el esfuerzo y sacrificio que realizaron para hacer posible mi educación y por motivarme siempre a seguir adelante.

A mi familia, por su comprensión, confianza y aliento permanente durante el desarrollo de esta investigación, siendo una fuente de inspiración para culminar este importante logro.

Finalmente, dedico este trabajo a todas aquellas personas que contribuyeron de manera directa e indirecta en mi formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos, por haberme brindado una sólida formación profesional basada en principios científicos, éticos y técnicos, contribuyendo al desarrollo de mis capacidades y permitiéndole fortalecer mis conocimientos en beneficio del desarrollo sostenible de nuestra región.

Asimismo, agradezco a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por su compromiso con la formación académica de calidad, así como a sus docentes, quienes con su experiencia, enseñanzas y orientación contribuyeron significativamente a mi crecimiento académico y profesional.

Mi sincero reconocimiento a los miembros del jurado calificador, por su valiosa disposición para evaluar la presente investigación, así como por sus observaciones, sugerencias y aportes, los cuales permitieron enriquecer y fortalecer el contenido de este trabajo de investigación.

De manera especial, expreso mi más profundo agradecimiento a mi asesor, por su apoyo constante, orientación académica, dedicación y valiosa guía durante el desarrollo de la presente tesis. Su experiencia, conocimientos y compromiso fueron fundamentales para la culminación satisfactoria de esta investigación.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron en la realización de este trabajo de investigación y en el logro de este importante objetivo profesional.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	17
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	20
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	22

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	23
2.1.1. EL AGUA.	23
	3

2.1.2. EL AGUA SUPERFICIAL.	24
2.1.3. CALIDAD DEL AGUA	24
2.1.4. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA	25
2.1.5. EFECTOS DE CONTAMINACIÓN DE AGUA DE RÍO	26
2.1.6. LAS AGUAS RESIDUALES.	27
2.1.7. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR AGUAS RESIDUALES	28
2.1.8. LAS PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)	29
2.1.9. ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL – ECA AGUA	30
2.2. MARCO CONCEPTUAL	31
2.3. MARCO NORMATIVO	34
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	35
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	35
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	36
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	37
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	37
3.2.1. Población.	37
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	40
3.3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.3.2. TÉCNICAS	40
3.3.3. INSTRUMENTOS	40
3.3.4. MATERIALES.	40
3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	41
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	43
3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	43

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CABANILLAS AGUAS ARRIBA DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, EN 2026.	45
4.2. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CABANILLAS EN EL PUNTO DE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, EN 2026.	48
4.3. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CABANILLAS AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, EN 2026.	51
4.4. VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL río Cabanillas EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE ANÁLISIS, DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, EN 2026.	54
4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	58
4.6. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	61
4.6.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.	61
4.6.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.	61
4.6.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.	62
4.6.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3.	62
4.6.5. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 4.	63
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Ubicación de los puntos de muestreo.	40
Tabla 02: Operacionalización de variables.	43
Tabla 03: Comparación de valores de parámetros de aguas arriba del punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3.	45
Tabla 04: Comparación de valores de parámetros en el punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3.	48
Tabla 05: Comparación de valores de parámetros aguas abajo del punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Contaminantes y compuestos químicos peligrosos presentes en las aguas residuales y sus consecuencias en el medio ambiente y sus repercusiones en el medio ambiente.	29
Figura 02: Resumen del ECA del Agua.	31
Figura 03: Ubicación del río Cabanillas en la red hidrográfica de Puno.	39
Figura 05: Variación de los parámetros físicos.	54
Figura 06: Variación de los parámetros químicos.	56
Figura 07: Variación de los parámetros microbiológicos.	58

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación.	72
Anexo 02: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.	74
Anexo 03: Análisis de laboratorio.	77
Anexo 04: Fotografía	78

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue medir la pureza del río Cabanillas, considerando el flujo de aguas residuales de la laguna oxidada del distrito de Cabanilla, Puno, durante el año 2026. De conformidad con el Protocolo Nacional para la Evaluación de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, se han recolectado muestras en tres ubicaciones distintas: antes del vertimiento en M°01, en el cruce con M°02 y posteriormente después del contacto con M°03. El estudio previo indicó un pH de 7.53, una conductividad eléctrica de 0.15 mS/cm, una temperatura de 13.5 grados Celsius, una concentración de sólidos disueltos de 0.07 g/L, una alcalinidad de 110.9 mg/L y la presencia de coliformes termotolerantes en una cantidad de 59 NMP/100 ml, lo que cumple con el estándar ECA de categoría 3. En el epicentro del impacto, se registró un leve aumento en la conductividad eléctrica de 0.26 mS/cm. La temperatura alcanzó los 17.5 °C, mientras que la concentración de sólidos disueltos fue de 0.13 mg/L. Asimismo, los niveles de coliformes totales se situaron en 650 NMP/100 ml y los coliformes termotolerantes en 64 NMP/100 ml, ambos dentro de los parámetros establecidos por el ECA. En la parte baja del vertimiento, la mayoría de los parámetros analizados se mantienen estables, y algunos, como los coliformes y la conductividad atmosférica, incluso han disminuido desde el inicio. La calidad del agua se mantiene casi igual en los tres lugares que se analizaron, y no se ve ninguna alteración seria o preocupante que se pueda relacionar con el vertido de la PTAR. Durante el año 2026, el río Cabanillas no muestra un daño importante por las aguas residuales que vienen de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla – Puno. Esto es porque todos los índices se mantuvieron dentro de los niveles de los estándares de calidad ambiental (ECA – Categoría 3).

Palabras clave: Aguas residuales, Ambiental, Calidad, Estándares, Parámetros.

ABSTRACT

The objective of this study was to measure the purity of the Cabanillas River, considering the wastewater flow from the oxidized lagoon in the district of Cabanilla, Puno, during the year 2026. In accordance with the National Protocol for the Evaluation of Surface Water Quality, samples were collected at three different locations: before the discharge point M°01, at the intersection with M°02, and subsequently after the contact point with M°03. The previous study indicated a pH of 7.53, an electrical conductivity of 0.15 mS/cm, a temperature of 13.5 degrees Celsius, a dissolved solids concentration of 0.07 g/L, an alkalinity of 110.9 mg/L, and the presence of thermotolerant coliforms at a level of 59 MPN/100 ml, which meets the ECA standard for category 3. At the epicenter of the impact, a slight increase in electrical conductivity of 0.26 mS/cm was recorded. The temperature reached 17.5 °C, while the concentration of dissolved solids was 0.13 mg/L. Likewise, total coliform levels were 650 MPN/100 ml and thermotolerant coliform levels were 64 MPN/100 ml, both within the parameters established by the Environmental Quality Standards (EQS). In the lower part of the discharge, most of the analyzed parameters remained stable, and some, such as coliforms and atmospheric conductivity, even decreased since the beginning. Water quality remained almost the same in the three locations analyzed, and no serious or concerning alterations related to the wastewater treatment plant discharge were observed. During 2026, the Cabanillas River did not show significant damage from the wastewater coming from the oxidation pond in the district of Cabanilla, Puno. This is because all indices remained within the levels of the environmental quality standards (ECA Category 3) .

Keywords: Wastewater, Environmental, Quality, Standards, Parameters.

INTRODUCCIÓN

El agua constituye un recurso natural esencial para la vida, el desarrollo de los ecosistemas y el bienestar de la población (INTE-PUCP, 2024). Sin embargo, el incremento de las actividades humanas y el crecimiento poblacional han generado una mayor producción de aguas residuales, las cuales, al ser vertidas en cuerpos de agua naturales sin un adecuado tratamiento, pueden alterar sus características fisicoquímicas y microbiológicas, afectando su calidad y limitando sus usos (ANA, 2023). En este contexto, la evaluación de la calidad del agua en cuerpos receptores de aguas residuales resulta fundamental para determinar el grado de afectación ambiental y su cumplimiento con los estándares ambientales establecidos.

Los resultados obtenidos proporcionan información técnica actualizada y confiable sobre las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas del agua, permitiendo determinar si el vertimiento de aguas residuales influye en el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3, los cuales establecen los niveles permisibles para el uso del agua en riego de vegetales y bebida de animales.

Asimismo, la presente investigación es importante, ya que el agua del río Cabanillas representa un recurso fundamental para el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias en la zona, las cuales constituyen la principal fuente de sustento económico para la población local. La contaminación del recurso hídrico puede afectar directamente la salud de la población, así como la calidad de los productos agrícolas y pecuarios, generando riesgos sanitarios y económicos. En este sentido, el estudio permite identificar el estado actual de la calidad del agua del río y su relación con el vertimiento de aguas residuales, contribuyendo a la protección de la salud pública y al bienestar de la población. Asimismo, los resultados podrán servir como base para promover una mayor conciencia ambiental en la comunidad y fomentar el uso sostenible de los recursos hídricos. Por otro lado, el vertimiento de aguas residuales en cuerpos de agua naturales puede generar impactos negativos en los ecosistemas acuáticos, alterando sus características fisicoquímicas y microbiológicas, afectando la biodiversidad y reduciendo la capacidad

de autodepuración del río. La evaluación de la calidad del agua permite determinar el grado de alteración del recurso hídrico y su cumplimiento con los estándares ambientales establecidos, contribuyendo a la protección y conservación del recurso hídrico. De igual manera, permite identificar posibles fuentes de contaminación y promover la implementación de medidas de control y mitigación que contribuyan a la preservación del equilibrio ecológico y al uso adecuado de los recursos naturales. Finalmente, el presente estudio contribuye al fortalecimiento de la gestión ambiental local, promoviendo la conservación del recurso hídrico y el desarrollo sostenible de la región.

El desarrollo del presente documento se ha dividido en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se expone el planteamiento del problema, considerando el contexto mundial, latinoamericano, nacional y local, además se presentan los antecedentes de la investigación, la formulación del problema, la justificación, los objetivos y las hipótesis del estudio.

En el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico y conceptual que fundamenta la investigación, incluyendo los conceptos relacionados con la calidad del agua, parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, el vertimiento de aguas residuales, así como la normatividad ambiental vigente aplicable, especialmente los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

En el Capítulo III, se detalla la metodología de la investigación, especificando el tipo y diseño de la investigación, el área de estudio, la población y la muestra, las técnicas de muestreo, los procedimientos de análisis, los instrumentos empleados y el procesamiento estadístico de los datos recolectados.

En el Capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, así como su respectivo análisis e interpretación, en función de los objetivos planteados y la normatividad ambiental vigente. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, las cuales contribuyen a la gestión ambiental y a la conservación del recurso hídrico en el ámbito de estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un recurso natural esencial para la vida y el desarrollo de los ecosistemas, así como para el bienestar humano y el crecimiento económico (Pacto Mundial, 2024). Sin embargo, la contaminación de los cuerpos de agua superficiales constituye uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial, especialmente debido al vertimiento de aguas residuales sin tratamiento o con tratamiento inadecuado. Según la Organización Mundial de la Salud (Naciones Unidas, 2025), una proporción significativa de las aguas residuales generadas en el mundo es descargada directamente en ríos, lagos y otros cuerpos de agua sin cumplir estándares adecuados de calidad, lo que ocasiona la degradación de los ecosistemas acuáticos y representa un riesgo para la salud pública (Gardella, 2022).

En América Latina, la problemática de la contaminación de los recursos hídricos es particularmente crítica debido al crecimiento poblacional, la expansión urbana no planificada y las limitaciones en la infraestructura de saneamiento (CAF, 2024). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe señala que una proporción considerable de las aguas residuales generadas en la región no recibe tratamiento adecuado antes de ser descargadas a los cuerpos de agua naturales. Esta situación ha ocasionado la contaminación de numerosos ríos, afectando la calidad del agua y generando impactos negativos en la salud de la población y en los ecosistemas acuáticos. Además, muchas plantas de tratamiento, incluidas las lagunas de oxidación,

presentan limitaciones técnicas, operativas o de mantenimiento, lo que reduce su eficiencia y permite el vertimiento de efluentes que no cumplen con los estándares ambientales establecidos (RETEMA, 2024).

En el Perú, la contaminación de los cuerpos de agua superficiales es una problemática ambiental significativa, asociada principalmente al vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento adecuado (CEPLAN, 2024). La Autoridad Nacional del Agua ha reportado que diversos ríos del país presentan alteraciones en su calidad debido al vertimiento de aguas residuales provenientes de centros poblados, lo que afecta sus características fisicoquímicas y microbiológicas (SUNASS, 2023). Asimismo, el crecimiento urbano y la insuficiente cobertura de sistemas de tratamiento de aguas residuales han contribuido al deterioro progresivo de los recursos hídricos. Aunque existen sistemas de tratamiento como las lagunas de oxidación, en muchos casos estos no operan de manera eficiente debido a factores como el incremento de la población, el diseño inadecuado o la falta de mantenimiento (GRUPO AGUA, 2008).

En el distrito de Cabanilla, ubicado en la región Puno, se encuentra el río Cabanillas, el cual constituye un importante recurso hídrico para la zona, siendo utilizado en actividades agrícolas, pecuarias y ambientales. Sin embargo, este cuerpo de agua recibe el vertimiento de aguas residuales provenientes de la laguna de oxidación del distrito, lo que podría estar generando alteraciones en su calidad. El vertimiento de aguas residuales, aun cuando provenga de sistemas de tratamiento como las lagunas de oxidación, puede afectar la calidad del agua si el tratamiento no es completamente eficiente. Esto puede ocasionar cambios en parámetros fisicoquímicos como el pH, la conductividad, los sólidos disueltos, la turbidez y la presencia de microorganismos, lo que puede impactar negativamente en el ecosistema acuático y en los usos del recurso hídrico. A pesar de la importancia del río Cabanillas para la población local, existe limitada información actualizada sobre la variación de su calidad del agua en relación con el vertimiento de aguas residuales provenientes de la laguna de oxidación. Esta situación dificulta la toma de decisiones adecuadas para la gestión y protección del recurso hídrico.

En este contexto, surge la necesidad de evaluar la variación de la calidad del agua del río Cabanillas por efecto del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, con la finalidad de generar información técnica que contribuya a la gestión sostenible del recurso hídrico y a la protección del ambiente y la salud de la población.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo varía la calidad del agua del río Cabanillas por efecto del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, Puno - 2026?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la calidad del agua del río Cabanillas aguas arriba del punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla?
- ¿Cuál es la calidad del agua del río Cabanillas en el punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla?
- ¿Cuál es la calidad del agua del río Cabanillas aguas abajo del punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, Puno?
- ¿Cómo varía la calidad del agua del río Cabanillas en los diferentes puntos de monitoreo (aguas arriba, punto de vertimiento y aguas abajo), por efecto del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, Puno?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Fernández y Guardado (2021), El río Cabaña, nacido en la subcuenca Moa de Holguín, fue sometido a una minuciosa investigación científica para calibrar su pureza. Por ello, decidieron aplicar con meticulosidad el Índice de Calidad del Agua superficial (ICAsup), una estrategia sugerida por Montoya y Contreras en su estudio científico. En 2017 y 2018, se llevó a cabo un meticuloso estudio sobre la composición físico-química y bacteriológica del agua, recolectando minuciosamente muestras en veinte puntos estratégicos a lo largo del río, seleccionando meticulosamente muestras en veinte puntos clave a lo largo del río. Mediante la elaboración artesanal del Índice de Calidad del Agua

(ICAsup) para cada punto y fecha de recolección de muestras, los descubrimientos revelaron una degradación gradual de la pureza del agua conforme el río descende desde las cimas más elevadas hacia las zonas más bajas de la subcuenca. Asimismo, se ha comprobado que una considerable porción de la polución en el río proviene de residuos industriales, residuos domésticos y vertidos de las redes de alcantarillado, cuya magnitud supera la habilidad natural del ecosistema fluvial para purificarse.

Cedeño (2020), Se llevó a cabo un minucioso y minucioso estudio sobre los estrictos estándares de pureza que deben cumplir las fugas de aguas residuales derivadas del efluente del mar muerto, en el encantador cantón de Manta, en la encantadora nación ecuatoriana. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la composición, con el fin de dilucidar la variabilidad diaria de estos importantes parámetros. En el proceso de recolección y el siguiente análisis de las muestras en laboratorio, se respetaron al máximo los protocolos establecidos, prestando especial interés en la correcta identificación del tipo de muestra, respetando escrupulosamente los tiempos entre la recolección y el análisis, y garantizando un óptimo almacenamiento y transporte para prevenir posibles alteraciones no deseadas en los resultados. La evaluación detallada de los hallazgos de acuerdo con los criterios establecidos por la TUSLMA en 2015 reveló que, en comparación con los lotes primarios y secundarios, los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno (DQO), así como los Sólidos en Suspensión Totales y el Cloruro, superaron los límites permitidos según dicha normativa. Se comprobó cuidadosamente que ambos lotes de productos cumplieran con todas las normativas y estándares establecidos por las autoridades competentes, excepto por un ligero desajuste en los niveles de manganeso. En la desembocadura del efluente, el punto estratégico para la toma de muestras, se registró una contaminación que resulta alarmante y preocupante para el medio ambiente. A partir de los interesantes hallazgos obtenidos en el estudio, la investigación llegó a la contundente conclusión de que la construcción de una planta de tratamiento especializada para tratar las aguas residuales

provenientes de este efluente industrial es una táctica sumamente crucial y efectiva para mitigar de forma significativa la problemática de la contaminación acuática en la región.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Salazar (2020), Se llevó a cabo una minuciosa investigación sobre cómo las aguas residuales afectan la pureza del río Tarma a través de un minucioso análisis longitudinal que incluyó una diversidad de elementos ambientales y biológicos. Los resultados de las investigaciones pusieron de manifiesto lo siguiente: a) En lo que respecta a los parámetros físico-químicos, el nivel de pH y la temperatura en grados Celsius se mantuvieron dentro de los márgenes establecidos por la normativa vigente, lo cual sugiere que dichos factores no incidían negativamente en la calidad del agua del río. En relación a los parámetros físico-químicos analizados, se pudo apreciar una marcada fluctuación en los niveles de Oxígeno Disuelto en el área metropolitana de dicha ciudad, probablemente originada por la descarga de aguas residuales. La reducción de los niveles de oxígeno disuelto en el agua impacta negativamente en la calidad del líquido elemento, obstaculizando su capacidad natural de auto depuración. Los estándares de Calidad Eléctrica (CE) y los Sistemas de Seguridad y Salud Laboral (SST) fueron ubicados en la categoría 3 de los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (ECA-Agua), lo cual resalta la importancia de su cumplimiento y seguimiento para garantizar un entorno laboral seguro y saludable. Sin embargo, se pudo apreciar un aumento significativo en los niveles de Demanda Biológica de Oxígeno, ocasionado por la presencia de diversas fuentes de contaminación que afectan al río Tarma. En lo que respecta al parámetro biológico, los niveles de clorofila presentaron niveles preocupantes a lo largo de todo el período de observación, evidenciando una transformación significativa en la calidad del agua del río en cuestión.

Barreto (2020), Durante el 2019, se realizó una exhaustiva investigación sobre cómo las lluvias de basura impactan la contaminación del majestuoso río Huallaga, en la encantadora provincia de Huánuco. El estudio se dedicó a desentrañar meticulosamente la cuenca fluvial, recolectando tres muestras de agua en puntos vitales para su estudio:

una en el cruce de vertidos (M01) y dos en el dominio de las aguas bajas (M03). Las investigaciones científicas desvelaron un asombroso y alarmante incremento en varios indicios de polución en el área de mezcla y aguas bajas, mientras que la pureza evidente en el área de aguas arriba se mantiene intacta. En el monitoreo, se descubrieron niveles alarmantes de bacterias Coliformes, *Escherichia coli* y bacterias termotolerantes, junto con un notable incremento en la turbidez, conductividad y sólidos totales presentes en el líquido vital. La importancia crucial del oxígeno disuelto (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) experimentaron cambios significativos y relevantes durante el proceso. Estos descubrimientos revelaron que la descarga directa de aguas residuales a través de dos conductos específicos es el factor determinante que contribuye significativamente al deterioro de la calidad del agua en el mencionado río.

Olivares (2022), Se llevó a cabo un exhaustivo análisis de la calidad del agua en tres momentos críticos de un curso de agua: previo a la evacuación (VARD-01), en el transcurso de la evacuación (VARD-02) y posterior a la evacuación (VARD-03). El resultado de la prueba de Shapiro-Wilk indicó que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentaron una distribución normal, lo cual es fundamental para el análisis estadístico de los datos recopilados en el estudio. Se constató que se encontraban en conformidad con las disposiciones de calidad ambiental para el recurso hídrico (ECA-agua D.S.-N°004.2017-MINAM) en la clasificación C3, aplicables tanto a la producción de hortalizas como a la crianza de animales. Para desentrañar los datos, se empleó la prueba de t-Student para medir los matices cromáticos, el oxígeno disuelto y el dióxido de carbono en las muestras, además de examinar los indicios que revelan la existencia de coliformes termotolerantes en el agua examinada. Los hallazgos de estos estudios, con una significancia del 5%, revelaron que no se observaron diferencias notables en la tonalidad cromática ni en la DQO, aunque sí se detectaron variaciones en la concentración de oxígeno disuelto. Así mismo, los niveles de coliformes termotolerantes permanecieron inmutables durante el estudio. La comparación detallada entre los tres puntos de muestreo reveló de manera concluyente que el derrame continuo

de aguas residuales provenientes del pueblo es el factor determinante y principal culpable de la elevada contaminación presente en la zona. Además, se documentó detalladamente la acumulación preocupante de residuos orgánicos e inorgánicos, así como restos de animales, en el cauce del río, lo cual agrava de manera significativa el ya complejo dilema en torno a la preservación de la pureza y la calidad del agua en la región.

Huamaní (2023), Una minuciosa exploración longitudinal no experimental reveló cómo las aguas residuales tratadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) moldean la armonía ecológica del río Mollebamba, ubicado en el distrito de Juan Espinoza Medrano. La investigación se realizó en tres puntos de monitoreo a lo largo del curso del río, uno en el punto de evacuación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) (P2), otro en la zona de aguas altas (RMoll1) y otro más en la zona de aguas bajas (RMoll3). Para llevar a cabo la investigación, se utilizaron los estándares de calidad ecológica establecidos y se tuvieron en cuenta los límites máximos permitidos como herramientas de análisis. Durante el mes de abril, los análisis realizados pusieron de manifiesto que los niveles de coliformes termotolerantes aumentaron significativamente, alcanzando una concentración de 3,500 NMP/100 mL en las zonas más elevadas, mientras que en las áreas más bajas se registró un incremento aún mayor, llegando a 5,400 NMP/100 mL. Durante los meses de mayo y junio, la contaminación alcanzó niveles preocupantes, registrando entre 3,500 y 17,000 NMP por cada 100 mililitros de agua, superando de manera significativa las normas establecidas por los Estándares de Calidad Ambiental. Es fundamental señalar que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) superó significativamente los límites establecidos, alcanzando un nivel de 13.71 mg/L en estado gaseoso y 18.5 mg/L en estado acuático. Las cifras de coliformes termotolerantes alcanzaron los 35,000,000, 5,400,000 y 9,200,000 NMP/mL durante los meses de abril, mayo y junio, respectivamente. En el mes de junio, la DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días) tuvo un valor de 104.3 miligramos por litro, superando los límites máximos permitidos (LMP) que se han establecido.

Chancari (2024), Se realizó un exhaustivo estudio práctico, con el objetivo de investigar minuciosamente los niveles de contaminación presentes en las aguas residuales de la región de Huancavelica y su impacto directo en la calidad y pureza del cauce del río Ichu. Los recientes descubrimientos científicos revelan que los índices de contaminación analizados en los cauces fluviales han experimentado una transformación significativa como consecuencia de la descarga de aguas residuales, lo cual lleva a la conclusión de que dichas modificaciones impactan de manera adversa en la calidad y pureza del recurso hídrico.

Chavez (2024), El río Cunas, que se encuentra en el distrito de Chupaca en la región de Junín, fue minuciosamente examinado a través de la evaluación de diversas variables físicoquímicas, tales como el nivel de acidez (pH), la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO), así como variables microbiológicas como la presencia de coliformes totales. Posteriormente, estos resultados fueron contrastados con los parámetros establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECA). La investigación utilizó el software ArcGIS con el fin de elaborar detallados mapas geoespaciales, y se encargó de recopilar muestras de agua de 250 mililitros en cada punto de muestreo seleccionado. En los seis puntos de muestreo escogidos de manera aleatoria, los datos revelaron una fluctuación en el pH que varió entre 7.7 y 8.48 unidades; la necesidad bioquímica de oxígeno (DBO5) osciló entre 2 y 6.53 mg/L; y la concentración de coliformes totales osciló entre 1.1 y 943.3 x10 NMP/100 mL. A pesar de que se ha identificado un impacto significativo de los vertidos urbanos e industriales en la calidad del agua, los estudios han determinado que no excede los límites considerados críticos, manteniéndose dentro de un rango aceptable en la gran mayoría de las zonas evaluadas.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Huayta (2020), Se realizó un exhaustivo análisis de la pureza del río Cabanillas entre enero y marzo de 2019, con el objetivo de determinar el impacto de las precipitaciones en la calidad del agua. Por consiguiente, se determinaron cinco puntos estratégicos de

observación a lo largo de la extensión del río para llevar a cabo un monitoreo exhaustivo de la zona. Los recientes descubrimientos científicos han revelado que el Índice de Calidad del Agua presentó variaciones significativas, situándose en un rango comprendido entre 62.67 y 67.19. Este rango ha sido clasificado como inapropiado para el consumo humano, moderadamente contaminado en lo que respecta a su uso en cultivos y fábricas, pero aceptable para actividades como la pesca y el esparcimiento al aire libre. Asimismo, los niveles de DBO5 (118 y 179 miligramos/litro), DQO (210 y 211 miligramos/litro) y coliformes fecales (19.000 y 19.300 NMP/100 ml) superaron con creces las normas establecidas, revelando así la presencia de vertimientos saturados de contaminantes y una infraestructura de tratamiento evidentemente deficiente. Por consiguiente, se puede deducir que el río Cabanillas exhibe un volumen de agua reducido a lo largo de su recorrido, particularmente en las áreas destinadas a la eliminación de residuos.

Mendo (2025), Se llevó a cabo un exhaustivo estudio técnico con el objetivo de evaluar y determinar la eficacia operativa y el rendimiento ambiental de la moderna Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Lampa, localizada estratégicamente en la pintoresca región de Puno, durante el transcurso del año 2024. El exhaustivo análisis se enfocó en una amplia gama de indicadores de calidad, abarcando tanto el agua residual como el agua tratada, y contrastándolos con los estrictos límites máximos permitidos actualmente en vigor. En el transcurso del estudio, se descubrieron hallazgos notables que confirmaron que ciertos parámetros, como el pH (7.26), los sólidos suspendidos totales (SST) y las concentraciones de aceites, coliformes termotolerantes y grasas, no excedían las normas actuales. En cuanto a los SST, estos disminuyeron de 160 mg/L en el afluente a 101 mg/L en el efluente. No obstante, el proceso de eliminación de residuos orgánicos presenta serias deficiencias. Esto queda claro al observar que la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es de 520 mg/L en el efluente y de 320 mg/L en el afluente; además, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) también supera los límites establecidos, siendo 208 mg/L y 128 mg/L respectivamente. Por lo tanto, a pesar de que

se cumplen algunos parámetros del tratamiento, la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Lampa sigue representando un punto crítico para la eutrofización si no se llevan a cabo mejoras tecnológicas o estructurales adicionales. La planta industrial presenta una eficiencia moderadamente elevada en algunos aspectos claves de su funcionamiento; no obstante, es imperativo y fundamental afinar y optimizar su sistema de tratamiento de aguas residuales para garantizar una descarga final ecológicamente segura, sostenible y de larga duración.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la variación de la calidad del agua del río Cabanillas por efecto del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, Puno - 2026.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar la calidad del agua del río Cabanillas aguas arriba del punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla.
- Determinar la calidad del agua del río Cabanillas en el punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla.
- Determinar la calidad del agua del río Cabanillas aguas abajo del punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla.
- Comparar la calidad del agua del río Cabanillas en los diferentes puntos de monitoreo, a fin de evaluar el efecto del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. EL AGUA.

La sinfonía de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno forma el agua, el combustible vital de nuestra existencia. A lo largo de los siglos, los científicos han revelado que la majestuosa naturaleza se manifiesta en tres formas físicas esenciales: fluido, gaseoso y sólido (López et al., 2005). La reputación de ser un disolvente universal se le atribuye debido a su habilidad excepcional para disolver una amplia gama de compuestos químicos, lo que lo convierte en una herramienta indispensable en numerosos procesos industriales y de laboratorio. Este preciado bien es prácticamente imposible de encontrar en su forma original en la naturaleza, ya que su recorrido a lo largo del ciclo hidrológico conlleva el transporte y la disolución de diversos componentes, lo que dificulta su conservación en su estado puro. En consecuencia, incluso en zonas remotas y apartadas de grandes centros urbanos y focos de contaminación, el agua potable contiene una variedad de elementos, tanto de origen orgánico como inorgánico, como señala Fernández en su estudio del año 2012.

Asimismo, el preciado líquido vital, un recurso natural renovable aunque sumamente frágil, se posiciona como un elemento esencial para la continuidad de la existencia en nuestra querida Tierra. La correcta gestión se convierte en un elemento fundamental para el avance sostenible de cualquier país, dado que posibilita preservar la equilibrio de los entornos naturales que lo respaldan. De la misma manera, es fundamental asegurar el acceso equitativo y la calidad óptima del recurso hídrico para preservar la estabilidad y el

equilibrio entre los diferentes sectores de una sociedad. Esto se convierte en un factor determinante para el desarrollo sostenible y la conservación de la biodiversidad, siendo un componente clave para la supervivencia a largo plazo de nuestro entorno natural (Villena, 2018).

2.1.2. EL AGUA SUPERFICIAL.

En Perú, la abundancia de aguas superficiales es notable en comparación con otras naciones; sin embargo, su reparto es notablemente diverso a lo largo del territorio nacional. Esta disparidad se agudiza debido a la merma en la excelencia del recurso, provocada principalmente por la deficiencia en la gestión de los desechos domésticos. El derrame directo de estas aguas sin tratamiento en ríos y lagos, junto con una administración desmedida de desechos sólidos, erosiona notablemente la pureza de las aguas superficiales, afectando adversamente tanto a los ecosistemas como a la salud pública (ANA, 2024).

- **Aguas lóaticas:** Se refiere a criaturas que bailan sin cesar, fluyendo en un solo sentido, como los ríos, los manantiales, los riachuelos y los arroyos. Este incesante subir y bajar modela la coreografía y la transparencia de estos manantiales, siendo vital para el equilibrio ecológico y el movimiento de nutrientes (López, 1990).

2.1.3. CALIDAD DEL AGUA

En cuanto a la pureza del precioso líquido vital, cabe señalar que el Perú goza de la enorme ventaja de poseer la mayor reserva de agua de toda América Latina, lo que lo sitúa en el selecto club de los 20 países que, a nivel mundial, cuentan con una abundancia extraordinaria de agua dulce. No obstante, esta abundancia de recursos no se refleja de la misma manera en términos de igualdad de oportunidades para todos los residentes en la región. El ínfimo porcentaje de 1.8 % de los valiosos recursos marinos es compartido por el considerable 65 % de los residentes de la costa peruana, a diferencia del abrumador 97.7 % que se encuentra en la extensa cuenca amazónica, la cual alberga al 30 % de la población local. El 0.5 por ciento restante se asigna al rincón del Titicaca,

que es el hogar de aproximadamente el 5 por ciento de la población nacional, según el estudio realizado por Sanches en el año 2015.

Este desequilibrio se manifiesta de manera evidente en una creciente sed insaciable de agua, la cual, sumada a la presencia de múltiples contaminantes, tiene un impacto significativo en la pureza y calidad del líquido vital. La problemática de la contaminación del agua en el territorio peruano se presenta como un desafío de proporciones colosales para la administración ambiental, dado que genera efectos perjudiciales tanto en el bienestar de las personas como en la vulnerabilidad de los sistemas naturales.

2.1.4. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA

- Las fuentes de contaminación acuática pueden ser clasificadas en dos amplias categorías, dependiendo de su procedencia y la forma en que se descargan (OXFAM, 2016):
 - Puntuales: Las aguas residuales grises del municipio abarcan una amplia gama de desechos domésticos e industriales que fluyen directamente hacia el vertedero municipal. Estos puntos de desecho son fácilmente localizables y ajustables, dado que provienen exclusivamente de lugares específicos, tales como instalaciones de tratamiento de residuos o desagües industriales debidamente autorizados.
 - No puntuales o difusas: Se originan de la huella atmosférica provocada por las labores agrícolas, ganaderas, urbanas y la acumulación de residuos. Estas corrientes contaminadas se arrastran por el torrente hasta llegar a los ríos vecinos, desencadenando una polución más intrincada para su manejo.
- La clasificación de los contaminantes se basa en cuatro pilares esenciales: residuos químicos inorgánicos, como los iones de metales pesados y desechos metalúrgicos; contaminantes orgánicos, tales como plásticos, hidrocarburos, fenoles y plaguicidas; y contaminantes biológicos, tales como bacterias y otros microorganismos nocivos (AQUAE, 2021).
 - Natural: Este fenómeno surge de mecanismos inherentes a la naturaleza, donde los componentes de la biosfera, la litosfera y la geosfera poseen la habilidad de

desencadenar efectos ambientales nocivos. Esta categoría de contaminación se entrelaza con el dinamismo planetario, las caprichos de la naturaleza y las fases del ciclo hidrológico (García, 2009).

- Antropogénica o artificial: Se origina de las maniobras humanas y su danza con la naturaleza. Estas actividades humanas provocan la generación de compuestos químicos y alteran significativamente las proporciones originales de los elementos presentes en los cuerpos de agua, lo que conlleva a cambios en su composición y desencadena una serie de consecuencias negativas tanto para los ecosistemas acuáticos como para la salud de las personas. (Sierra, 2011).

2.1.5. EFECTOS DE CONTAMINACIÓN DE AGUA DE RÍO

Las corrientes fluviales poseen una habilidad innata para reciclar ciertos residuos sin perturbar su armonía natural. Sin embargo, cuando la excesiva emisión de fertilizantes u otros desechos industriales se supera, se desencadenan una cascada de efectos adversos. Una de las manifestaciones más notables es la vertiginosa expansión de bacterias, algas, hongos, diminutos organismos y flora acuática, devorando con celeridad el oxígeno atrapado en el agua. Este fenómeno desemboca en la eutrofización, una calamidad que desmorona el ecosistema hídrico, desencadenando la desaparición de criaturas acuáticas y la ruina de su entorno natural, según Sierra (2011). Estas sustancias no solo impactan de manera directa a los seres vivos, sino que también se depositan en los sedimentos subterráneos del río y en los terrenos de su cuenca hidrográfica. Con el paso de los años, este fenómeno desencadena efectos irreversibles como la desaparición de criaturas, la infertilidad del suelo y, quizás, mutaciones genéticas en los animales que devoran vegetación dañina. En lo que respecta a la especie humana, la amenaza es igualmente preocupante y digna de atención. El beber agua contaminada o ingerir alimentos cultivados en áreas contaminadas puede desencadenar estragos en la salud, tales como dolencias crónicas, daño al sistema nervioso y daños irreversibles en órganos vitales. Es vital proteger los ríos de agua dulce, tanto desde una óptica ecológica como desde una óptica de bienestar comunitario (Escobar, 2002).

2.1.6. LAS AGUAS RESIDUALES.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) describe a las aguas residuales como aquellos fluidos que, por acción humana, han sufrido transformaciones notables en su esencia original, ya sea de manera directa o indirecta. A causa de su excelencia, estas aguas requieren un tratamiento antes de ser recicladas, lanzadas a ríos naturales o descartadas en vertederos, con el fin de mitigar su huella ecológica (Valencia, 2016).

Las aguas residuales se clasifican en múltiples categorías, cada una con sus peculiaridades únicas:

- Aguas residuales urbanas: En su mayoría provienen de labores domésticas y humanas, destacando por su abundante presencia de materia orgánica. Las características que exhiben son las siguientes:
 - Características: La evaluación minuciosa de factores como la temperatura del agua, el pH, los sólidos suspendidos totales, la demanda química de oxígeno, la bioquímica del oxígeno, los compuestos de nitrógeno amoniacal, los nitratos, los fosfatos y el nitrógeno total es vital para calibrar la pureza del agua en un entorno particular (Chiva et al., 2018).
- Las lluvias industriales: Emergen de las sofisticadas maquinarias de manufactura y refrigeración específicas del ámbito industrial. Estas corrientes, plagadas de microorganismos nocivos, metales pesados como mercurio y plomo, residuos orgánicos persistentes, pesticidas, fertilizantes y sedimentos en suspensión, se convierten en un verdadero peligro para el ecosistema si no se purifican adecuadamente (Bostanian, 2022).
- Aguas residuales mixtas: Se manifiestan como la amalgama de desechos urbanos e industriales. La mezcla de estos dos líquidos puede alterar la esencia química y biológica inicial, lo que complica su tratamiento debido a la variedad y abundancia de contaminantes presentes.

- Las aguas residuales pluviales son aquellas emanadas del torrente de lluvias. Estas corrientes atmosféricas transportan consigo una diversidad de contaminantes que incluyen partículas de polvo de ladrillo, esporas de hongos y restos de vegetación, entre otros elementos nocivos para la salud ambiental. Estas aves son muy habituales en los tejados de los edificios y también en las calles, jardines y parques de las zonas urbanas, convirtiéndose en un importante foco de contaminación en las grandes áreas metropolitanas (Vieira, 2002).

2.1.7. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR AGUAS RESIDUALES

Se ha revelado que el derrame indiscriminado de residuos en los mares del planeta es una de las principales razones del alarmante deterioro ambiental que enfrentamos en la actualidad. Al sumergirse en ríos, lagos o quebradas, los elementos presentes en el recipiente experimentan una reducción parcial y son transportados hacia la orilla, lo que contribuye al aumento de la contaminación a lo largo del curso de agua. En determinadas circunstancias, estas aguas podrían ser redirigidas hacia los acuíferos subterráneos, poniendo en peligro no solamente la calidad, sino también la supervivencia de fuentes de agua dulce fundamentales para el bienestar humano, la agricultura y otros usos vitales (Bonifaz, 2018).

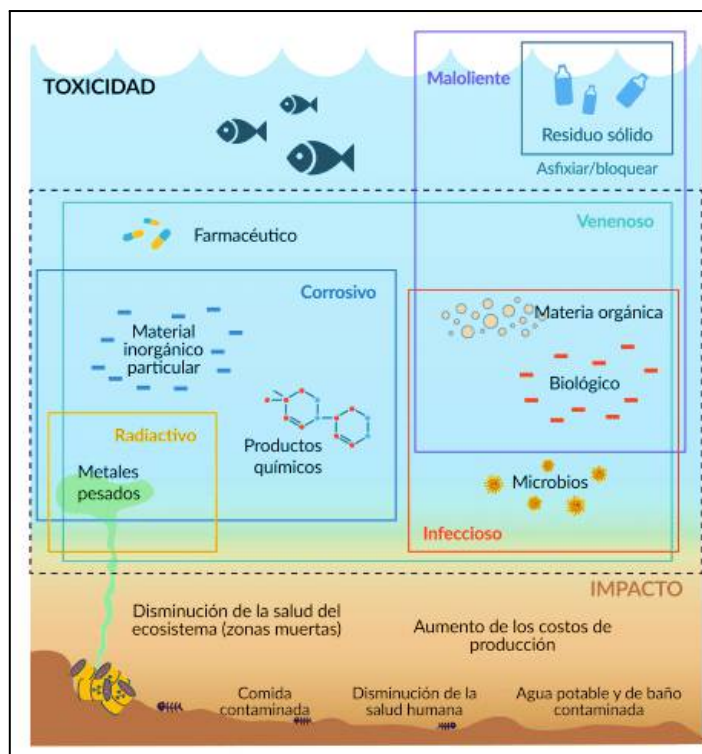


Figura 01: Contaminantes y compuestos químicos peligrosos presentes en las aguas residuales y sus consecuencias en el medio ambiente y sus repercusiones en el medio ambiente.

Fuente: (Bonifaz, 2018).

2.1.8. LAS PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)

Las plantas de tratamiento de aguas residuales, ya sean industriales (PTARI) o domésticas (PTARD), juegan un rol crucial en salvaguardar los ecosistemas y preservar el vital líquido vital para la existencia humana.. Estas instalaciones son esenciales para garantizar la sostenibilidad ambiental y la salud pública, al eliminar contaminantes y devolver aguas tratadas al medio ambiente en condiciones seguras. Desde tiempos remotos, se han perfeccionado los métodos y tecnologías empleados en la gestión de aguas residuales, abriendo no solo la puerta a su purificación, sino también al tesoro escondido en sus residuos. Estas innovaciones han elevado el valor del agua empleada, confiriéndole un rol crucial en el ámbito del desarrollo sostenible. (SPENA GROUP, 2016). El objetivo de una PTAR es la depuración de las aguas utilizadas, eliminando sus contaminantes, de tal manera que puedan ser reintegradas al medio ambiente sin

constituir un peligro para los ecosistemas ni para la salud humana. Este procedimiento transforma el agua residual en un recurso reutilizable o seguro, susceptible de reintegración (Alfárez & Nieves, 2019).

- Dentro de sus funciones primordiales se encuentra la eliminación de sólidos, que pueden abarcar desde elementos de gran tamaño como plásticos, trapos y desechos orgánicos, hasta partículas de tamaño reducido como arena o sedimentos.
- Una misión crucial es reducir residuos orgánicos y contaminantes mediante la metamorfosis de diminutos organismos naturales, quienes descomponen esos desechos. Subsecuentemente, estos microorganismos son segregados del agua, asegurando así su limpieza y seguridad.
- En última instancia, el tratamiento tiene como objetivo restaurar los niveles apropiados de oxígeno en el agua procesada.

2.1.9. ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL – ECA AGUA

El análisis de la calidad del agua ha emergido como un pilar fundamental en la táctica ecológica de la nación sudamericana, instaurado oficialmente por el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Este reglamento busca ajustar y renovar los criterios técnicos establecidos en los decretos previos, tales como el Decreto Número 002-2008-MINAM, el Decreto Número 023-2009-MINAM y el Decreto Número 015-2015-MINAM, con el fin de determinar oficialmente los límites permitidos en el océano. El propósito primordial del Estudio de Calidad del Agua (ECA) es determinar los límites tolerables de una vasta gama de variables físicas, químicas y microbiológicas en el agua potable, vista como un ecosistema sensible a las influencias externas. Su puesta en marcha simplifica la valoración del bienestar ecológico del agua, orientando las medidas de vigilancia, regulación y vigilancia ecológica. Asimismo, juega un rol vital en la protección de los ecosistemas acuáticos y la salud pública, impidiendo que la polución supere los límites seguros previamente establecidos (Verna, 2016).

Categoría	Clasificación	Sub Clasificación	N° Parámetros
CATEGORIA 1	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A1 85
		Aguas que pueden ser potabilizadas contratamiento convencional	A2 85
		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	A3 82
	Aguas superficiales destinadas al uso recreacional	Contacto primario	B1 84
		Contacto secundario	B2 83
CATEGORIA 2		Extracción y cultivo de moluscos bivalvos	C1 23
		Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas	C2 23
		Otras actividades	C3 23
CATEGORIA 3	Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto		55
	Parámetros para bebida de animales		49
CATEGORIA 4	Lagos	Ríos de la costa y sierra	D1 26
	Ríos	Ríos selva	D2 23
		Estuarios	25
	Ecosistemas marino costeras	Marinos	23

Figura 02. Resumen del ECA del Agua.

Fuente: (MINAM, 2017).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- Ambiente: Se refiere al entramado de elementos, ya sean naturales o biológicos, que rodean a los seres vivos y permiten su perpetuación. Incorpora elementos como el

aire, el agua, el suelo y los organismos vivos, todos en una interacción equilibrada. Este ambiente establece las condiciones esenciales para la existencia y su calidad. La preservación de este elemento es crucial para asegurar el bienestar de las generaciones actuales y venideras.

- **Antropogénico:** Hace referencia a las repercusiones o modificaciones ambientales ocasionadas por la actividad humana. Estos efectos se dejan ver claramente en la contaminación producida por el cúmulo de desechos físicos, químicos y biológicos que provienen de la manufactura, el transporte, la agricultura u otras actividades económicas que afectan de manera negativa al medio ambiente. El término subraya la responsabilidad del ser humano en la degradación del medio ambiente debido a la acción humana.
- **Agente:** Se refiere a cualquier sustancia o elemento de naturaleza física, química o biológica con la capacidad de provocar efectos perjudiciales en los organismos vivos o en el medio ambiente. Estos agentes pueden ejercer su acción de manera aislada o en combinación, ocasionando daños.
- **Aguas residuales:** Se refiere a aquellos fluidos que han sido empleados en actividades humanas, ya sean domésticas, industriales o comerciales, y que han experimentado una modificación en su composición. Estas aguas contienen contaminantes que tienen el potencial de impactar negativamente en la salud humana y el medio ambiente.
- **Aguas superficiales:** Las corrientes fluviales del planeta, como ríos, lagunas, lagos y manantiales, son auténticos especímenes. Su origen puede provenir de la lluvia que no se infiltra ni se evapora, o de la aparición de aguas subterráneas, o del nacimiento de aguas subterráneas.
- **Aguas negras:** Estas aguas se originan a partir de residuos cloacales y albergan residuos orgánicos tales como heces, orina y otros materiales biodegradables. Se originan primordialmente en los hogares, instituciones hospitalarias y sistemas de

alcantarillado, y constituyen un considerable peligro sanitario si no son debidamente tratados.

- Aguas grises: Se trata de aguas domésticas empleadas en tareas como la limpieza de ropa, vajilla o ducha, pero que no contienen excrementos ni orina. Pese a su contaminación, su contenido de polución es inferior al de las aguas negras, lo que permite su tratamiento y reutilización, como en el riego de jardines.
- Biotas: Se refiere al conjunto de todos los organismos vivos que residen en un ecosistema específico, abarcando especies animales, vegetales, hongos y microorganismos.
- Calidad: Hace alusión a la habilidad de un bien o servicio para satisfacer determinadas necesidades, ya sean implícitas o explícitas. Dentro del marco ambiental, implica la adhesión a normativas técnicas que garanticen que el aire, el agua o el suelo no constituyen un peligro para la salud humana ni para el entorno natural.
- Cianobacteria: Se trata de microorganismos fotosintéticos presentes en el reino Monera que generan oxígeno y desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos. También denominadas algas verdeazules, estas pueden tener una proliferación excesiva cuando existe una abundancia de nutrientes.
- Contaminación ambiental: Se refiere a la perturbación perjudicial del entorno ambiental ocasionada por la presencia o el incremento de agentes contaminantes físicos, químicos o biológicos en niveles que superan las concentraciones naturales. Esta perturbación perturba el equilibrio ecológico y puede derivar en repercusiones adversas.
- Contaminante: Se trata de un compuesto que, al ser introducido en un entorno natural, modifica sus condiciones estándar y genera efectos nocivos en los ecosistemas o en la salud humana. Este puede provenir de fuentes físicas, químicas o biológicas, y su impacto está condicionado por factores como la concentración, persistencia y toxicidad.
- Cuerpo de agua: Se refiere a cualquier acumulación natural de agua que se incluye en el ciclo hidrológico. Estos organismos pueden ser de naturaleza superficial o subterránea, y desempeñan funciones de índole ecológica, social y económica.

- **Estándar de Calidad Ambiental:** Se trata de un valor de referencia que define las restricciones permisibles de determinados parámetros físicos, químicos y biológicos en los elementos ambientales, tales como el agua, el aire o el suelo. Su objetivo es evitar amenazas a la salud humana y al medio ambiente natural.
- **Efluente:** Se refiere a un torrente fluido, frecuentemente residual, que brota de un proceso industrial, agrícola o doméstico.
- **Eutrofización:** Es un fenómeno provocado por la abundancia de nitrógeno y fósforo en los océanos, desencadenando un vertiginoso ascenso de algas y plantas acuáticas. Al descomponerse, estas plantas devoran el oxígeno disuelto, creando un ambiente anóxico que afecta gravemente a la vida acuática.
- **Escorrentía:** Se refiere al agua pluvial que se desplaza sobre la superficie terrestre cuando el suelo ya no tiene la capacidad de absorber más. Esta corriente tiene la capacidad de transportar contaminantes, sedimentos y nutrientes hacia los cuerpos hídricos, lo que contribuye a su contaminación.
- **Parámetro:** Se trata de una variable cuantificable empleada en la evaluación de la calidad del agua, el aire o el suelo. En el entramado acuático, los indicadores cotidianos abarcan el oxígeno en suspensión, la necesidad bioquímica de oxígeno (DBO), la presencia de coliformes y las proporciones de nutrientes.

2.3. MARCO NORMATIVO

- **Ley General del Ambiente - Ley N°28611 15.10.2005):** Norma esencial del entramado jurídico ambiental peruano, que esculpe principios y deberes globales para proteger la naturaleza y promover un desarrollo sostenible.
- **Ley de Recursos Hídricos - Ley N°29338 (30.03.2009):** Regula la utilización, preservación y administración integrada de los recursos hídricos a nivel nacional.
- **Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos - D.S. N° 001-2010-AG (23.03.2010):** Por favor, desarrolla de manera detallada los procedimientos y estrategias necesarios para llevar a cabo la aplicación efectiva de la legislación vigente en torno a la gestión y preservación de los recursos hídricos en nuestra jurisdicción.

- **Reglamento de Organización y Funciones de la ANA - D.S. N° 006-2010-AG (08.07.2010):** La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el ente encargado de establecer y supervisar la gestión integral de los recursos hídricos en el territorio nacional. Sus funciones principales incluyen la planificación, regulación, control y fiscalización de los usos del agua, así como la promoción de la participación ciudadana en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua. Además, la ANA tiene la responsabilidad de elaborar y actualizar el inventario de los recursos hídricos, así como de establecer los criterios técnicos y normativos para su uso sostenible y equitativo.
- **D.S. N° 023-2009-MINAM (19.12.2009):** Establece de manera clara y concisa las directrices fundamentales que se requieren para la adecuada y oportuna implementación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en el marco del sistema hídrico a nivel nacional.
- **D.S. N° 015-2015-MINAM (19.12.2016):** Se aprueban oficialmente los flamantes Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, enriquecidos con criterios de calidad ambiental renovados y pertinentes, con el fin de asegurar la salvaguarda y conservación de nuestros tesoros acuáticos.
- **D.S. N° 004-2015-PRODUCE (23.02.2015):** Reglamento meticuloso que detalla minuciosamente la arquitectura institucional y detalla minuciosamente las tareas y obligaciones del Instituto Nacional de Calidad (INACAL), pilar fundamental del sistema nacional de calidad en el ámbito nacional.
- **Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (11.01.2016):** Es imperativo que, de inmediato, implemente el Protocolo Nacional para vigilar y monitorear la calidad de los recursos hídricos superficiales en la República del Perú.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla afecta la calidad del agua del río Cabanillas, Puno, en el año 2026.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas, en el punto de monitoreo ubicado aguas arriba del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3.
- La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas, en el punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, presenta valores que no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3.
- La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas, en el punto de monitoreo ubicado aguas abajo del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, presenta variaciones que no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3.
- Existen diferencias significativas en la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas entre los puntos de monitoreo ubicados aguas arriba, en el punto de vertimiento y aguas abajo, debido al vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La región que está siendo investigada se ubica de manera específica en el Departamento de Puno, en la República del Perú, dentro de la extensa cuenca del río Cabanillas, la cual se sitúa en el imponente altiplano andino del sur peruano. El río Cabanillas es uno de los afluentes primordiales de la ruta hidrográfica que drena hacia la cuenca del lago Titicaca. Su cuenca se extiende aproximadamente entre 2 800 y 2888 km², con altitudes que varían entre 3 950 y 4 750 metros sobre el nivel del mar (msnm), evidenciando un entorno montañoso con clima frío y fluctuaciones pluviométricas notables entre las estaciones de precipitación y estiaje.

El distrito de Cabanilla, que alberga una considerable porción del sistema fluvial bajo estudio, se ubica geográficamente aproximadamente a 15°38' S, 70°20' O, correspondiendo a coordenadas UTM en el sistema WGS-84, orientadas hacia la región altiplánica meridional del Perú.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. Población.

Río Cabanillas: La cuenca del río Cabanillas presenta una situación ambiental delicada debido a la combinación de factores naturales y actividades antropogénicas. Entre los principales aspectos ambientales destacan:

- Incrementos del caudal y riesgo de inundaciones: En temporadas de lluvia, los niveles del río Cabanillas tienden a aumentar significativamente, llegando incluso a

ingresar en umbrales hidrológicos de alerta, lo que pone en riesgo áreas agrícolas y comunidades asentadas en sus márgenes.

- Contaminación por desechos sólidos y líquidos: Existen reportes de colapso de celdas de desechos transitorios en zonas cercanas que han generado lixiviados dirigidos hacia afluentes naturales que desembocan en el río Cabanillas, constituyendo una fuente adicional de contaminación ambiental.
- Vertimiento de aguas residuales: La presencia de lagunas de oxidación en sectores habitados (como la laguna de oxidación del distrito) y su manejo deficiente puede contribuir a cargas orgánicas y contaminantes descargados en el curso fluvial, afectando los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua. Estudios ambientales han documentado que la falta de tratamiento adecuado incrementa la carga orgánica y la presencia de posibles contaminantes.

Demanda hídrica y presión del uso del agua: La cuenca presenta una importante demanda para actividades de riego y uso doméstico, lo que, unido a la variabilidad climática, plantea desafíos para la sostenibilidad del recurso hídrico y la conservación de su calidad.

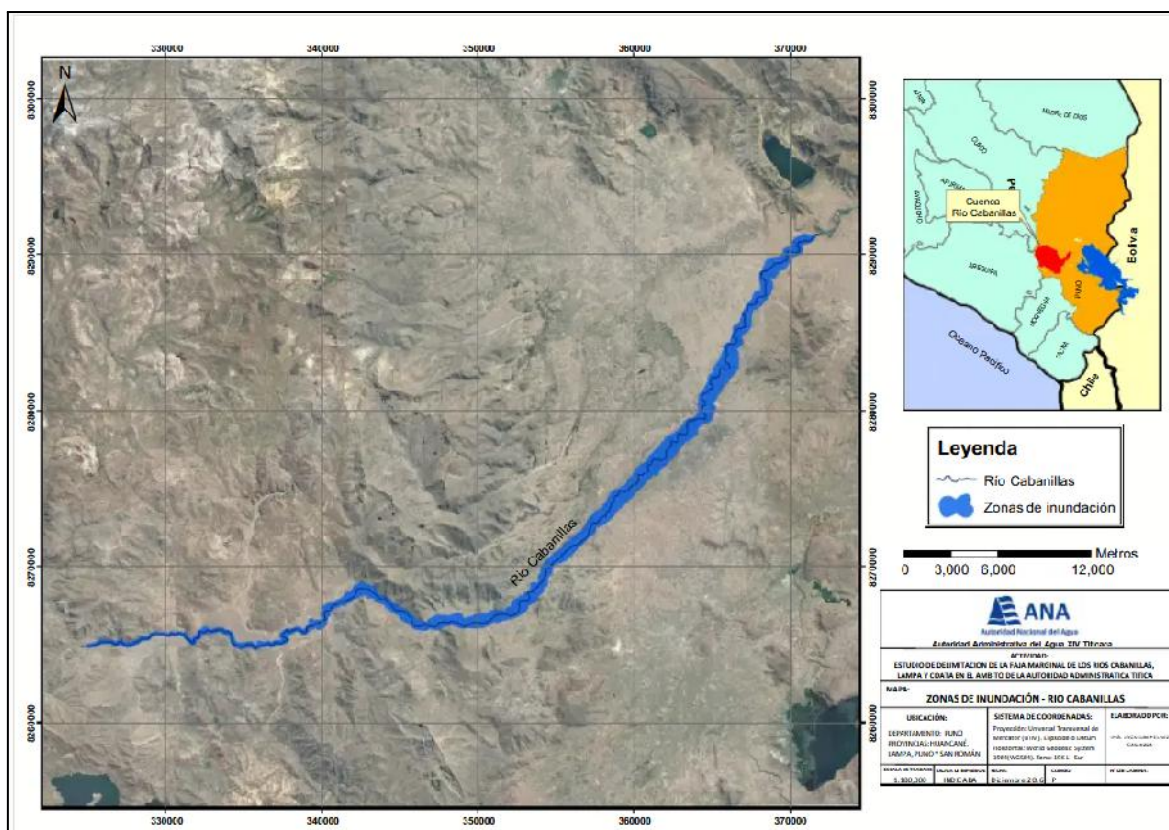


Figura 03: Ubicación del río Cabanillas en la red hidrográfica de Puno.

Muestra.

La recolección de muestras fue sencilla y puntual, realizada en un intervalo de tiempo específico, conforme al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Este protocolo sugiere la recolección de muestras en tres puntos: previo al vertimiento M°01, en el punto de vertimiento M°02 y posterior al vertimiento M°03. Ante lo expuesto, se presenta la siguiente tabla para una explicación más detallada.

Tabla 01: Ubicación de los puntos de muestreo.

Denominación	Ubicación	Descripción
	Coordenadas UTM	
M° 01	19 S 353645 Este, 8299209 Norte	Antes del vertimiento
M° 02	19 S 353726 Este, 8299222 Norte	En el punto de vertimiento
M° 03	19 S 353785 Este, 8299176 Norte	Después del vertimiento

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación. Descriptivo

Diseño de la investigación. No experimental

Método. Deductivo.

3.3.2. TÉCNICAS

La observación, evidenciada por los muestreos obtenidos, facilitó los análisis correspondientes de cada uno de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas.

3.3.3. INSTRUMENTOS

- Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.
- ECA del agua (DS 04-2017-MINAM).

3.3.4. MATERIALES.

Aparatos de laboratorio, rastreadores GPS, multiparámetros, recipientes de vidrio, agua destilada, refrigerador, cinta de embalaje, ordenador portátil, cámara, lapiceros, plumones, fichas de registro, mandil, barbijo, guantes quirúrgicos, papel toalla.

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Objetivo Específico 1: Determinar la calidad del agua del río Cabanillas aguas arriba, antes del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla – Puno, en 2026.

- Técnica: Muestreo puntual de agua superficial.
- Instrumentos: recipientes estériles, ficha de identificación del punto (Anexo 03), cadena de custodia (Anexo 04).
- Parámetros evaluados: Fisicoquímicos y microbiológicos.
- Ubicación del muestreo: Aproximadamente a unos 150 metros aguas arriba del punto de descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, en un tramo donde no se observan influencias antrópicas directas, se llevó a cabo el muestreo de agua para el análisis de calidad.
- Frecuencia: Una vez.

Objetivo Específico 2: Determinar la calidad del agua del río Cabanillas en el punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla – Puno, en 2026.

- Técnica: Muestreo simple y puntual.
- Instrumentos: recipientes estériles, ficha de identificación del punto (Anexo 03), cadena de custodia (Anexo 04)
- Parámetros evaluados: Los mismos que en el objetivo 1.
- Ubicación del muestreo: Justo en el punto donde las aguas residuales tratadas se entrelazan con el torrente del río, se encuentra el punto de encuentro.
- Frecuencia: Una vez.

Objetivo Específico 3: Determinar la calidad del agua del río Cabanillas aguas abajo, luego del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla – Puno, en 2026.

- Técnica: Muestreo puntual.

- Instrumentos: recipientes limpios, identificación detallada del punto (Anexo 03), cadena de custodia estéril (Anexo 04) .
- Parámetros evaluados: Mismos que en los objetivos anteriores dos objetivos.
- Ubicación del muestreo: 150 metros aguas abajo del punto de descarga para observar dispersión y dilución.
- Frecuencia: Una vez.

Objetivo Específico 4: Analizar la variación de la calidad del agua del río Cabanillas en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla – Puno, en 2026.

- Técnica: Análisis estadístico de los resultados obtenidos.
- Instrumentos: Software estadístico (SPSS, Excel u otros).
- Procedimiento: Comparación de resultados por punto (aguas arriba, punto de vertimiento, aguas abajo).
- Interpretación según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – DS N.º 004-2017-MINAM.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable Dependiente:		ECA del Agua
Variación de la calidad del agua	Cumplimiento.	(D.S.004-2017-MINAM)
		Conductividad eléctrica
	Parámetros Físicos	Color
		Temperatura
		Oxígeno disuelto
		pH
		DBO
Variable Independiente:		DQO5
Vertimiento de aguas residuales en	Parámetros Químicos	Cloruros
el río Cabanillas		Nitratos
		Nitritos
		Aceites y grasas
	Parámetros	Coliformes totales
	Microbiológicos	Coliformes
		termotolerantes

3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Se empleó la metodología del análisis estadístico para el procesamiento de los datos recabados en la investigación, con el objetivo de evaluar de manera imparcial las fluctuaciones en la calidad del agua del río Cabanillas. Se utilizaron software estadístico, como SPSS, Excel u otros similares, que facilitaron la organización, procesamiento y representación precisa de los datos.

El protocolo consistió en evaluar los hallazgos obtenidos en los tres puntos de muestreo: desde el punto de origen hasta el punto de desbordamiento. Para detectar divergencias notables entre estos índices, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), enriquecido con la prueba de Tukey, una técnica de comparación múltiple que abarca tanto la varianza como la varianza.. Esto posibilitó la identificación de los puntos en los que se observaron cambios más destacados en la calidad del agua.

Finalmente, los descubrimientos fueron interpretados de acuerdo con los rigurosos Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Esto permitió verificar si los niveles registrados estaban dentro de las fronteras estipuladas para áreas acuáticas destinadas a diversos usos establecidos por la legislación nacional actual

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CABANILLAS AGUAS ARRIBA DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, EN 2026.

Tabla 03: Comparación de valores de parámetros de aguas arriba del punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ECA Cat. 3	
			D1. Riego de vegetales	D2. Bebida de animales
FÍSICOS				
pH		7.53	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
C.E	mS/cm	0.15	2.5	5.0
Temperatura (°C)	°C	13.5	Δ3	Δ3
QUÍMICOS				
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.07	NA	NA
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	110.2	NA	NA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	110.9	NA	NA
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	25.53	500	NA
Sulfatos (como SO ⁼ ₄)	mg/l	84	1000	1000

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ECA Cat. 3	
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.01	100	100
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	21.28	NA	NA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	13.75	NA	250
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes totales	NMP/100ml	585	NA	NA
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	59	2000	1000

En la Tabla número 03, Se nota que los variados índices físicos, químicos y microbiológicos están en sintonía con las directrices de Calidad Ambiental (ECA) para el agua de categoría 3, apta para el riego de cultivos vegetales y su empleo por animales. El nivel de pH se mantuvo en 7.53, dentro del intervalo recomendado de 6.5 a 8.5 para el riego y de 6.5 a 8.4 para la hidratación de los animales, lo cual sugiere que no se observan cambios significativos en los niveles de acidez o alcalinidad del agua. El análisis de la conductividad eléctrica arrojó un valor de 0.15 milisiemens por centímetro, lo cual se encuentra significativamente por debajo de los niveles recomendados de 2.5 mS/cm para el riego y 5.0 mS/cm para la producción de bebidas animales, lo que sugiere una presencia reducida de sales disueltas en la muestra analizada. Además, se tomó nota de que la temperatura alcanzó los 13.5 grados Celsius, situándose en el umbral de las variaciones máximas permitidas de más o menos 3 grados Celsius con respecto a la temperatura corporal del ser vivo receptor.

En lo que respecta a las características químicas, los sólidos disueltos totales presentaron un índice de 0.07 gramos por litro, un valor notablemente bajo que no supone ninguna amenaza para el entorno. Dentro de esta clasificación, es importante destacar que la dureza absoluta del agua (110.2 mg/l), la alcalinidad total (110.9 mg/l), así como los niveles de calcio (21.28 mg/l) y magnesio (13.75 mg/l) no se encuentran

actualmente regulados por ninguna normativa específica. Sin embargo, es importante tener en cuenta que dichos niveles se encuentran en un rango moderado, lo cual permite que se integren de manera armoniosa con las aguas superficiales sin generar perturbaciones significativas en el ecosistema acuático. En contraste, los niveles de cloruros (25.53 miligramos por litro), sulfatos (84 miligramos por litro) y nitratos (0.01 miligramos por litro) están notablemente por debajo de las normas del Estándar de Calidad Ambiental (ECA), lo cual revela que no hay contaminación química notable al recolectar muestras.

El estudio microbiológico reveló que apenas 59 diminutos seres termotolerantes habitaban en cada mililitro de agua y 1000 NMP/100 ml de bebida animal, lo que indica una ínfima polución fecal. A pesar de que se alcanzó el récord de 585 NMP por cada 100 mililitros en la evaluación de coliformes fecales, es vital destacar que este indicador carece de un valor de referencia específico en esta categoría, por lo que no se puede considerar una transgresión de las normativas actuales. No obstante, su densidad no es significativamente alta en contraste con otros manantiales superficiales que están expuestos a la presión de la urbanización o la actividad agrícola.

En resumen, los resultados obtenidos en el punto de muestreo ubicado en la parte más elevada del cauce fluvial indican que la calidad del agua se ajusta satisfactoriamente a los parámetros establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) – Categoría 3, en relación con los usos previstos para dicho recurso hídrico. En esta región, el río no presenta indicios de contaminación relevante y cuenta con condiciones óptimas para ser utilizado en el riego de cultivos y como fuente de agua potable para los animales.

4.2. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CABANILLAS EN EL PUNTO DE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, EN 2026.

Tabla 04: Comparación de valores de parámetros en el punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ECA Cat. 3	
FÍSICOS			D1. Riego de	D2. Bebida de
			vegetales	animales
pH		7.21	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
C.E	mS/cm	0.26	2.5	5.0
Temperatura (°C)	°C	17.5	Δ3	Δ3
QUÍMICOS				
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.13	NA	NA
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	133.0	NA	NA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	133.08	NA	NA
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	22.69	500	NA
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	mg/l	68	1000	1000
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.02	100	100
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	27.36	NA	NA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	15.58	NA	250
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes totales	NMP/100ml	650	NA	NA
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	64	2000	1000

De acuerdo con la tabla 04, en el punto específico para la eliminación de desechos en el río Cabanillas, se observa una leve variación en la calidad del agua en comparación con el punto previamente mencionado. No obstante, es común que los parámetros evaluados se mantengan dentro de los rangos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, específicamente en la categoría 3, la cual está designada para su uso en el riego de cultivos y la alimentación del ganado.

En relación con las propiedades físico-químicas, se observó que el pH del agua analizada se ubicó en 7.21, manteniéndose en el rango establecido por el Sistema de Evaluación del Agua (ECA) (6.5 – 8.5 para riego y 6.5 – 8.4 para consumo animal), lo cual sugiere que no se presentan variaciones significativas en el equilibrio ácido-base del líquido. La conductividad eléctrica registró un aumento significativo, alcanzando un valor de 0.26 mS/cm. A pesar de superar la medición anterior de 0.15 mS/cm, sigue estando considerablemente por debajo de los niveles recomendados. Estos se sitúan en 2.5 mS/cm para riego y 5.0 mS/cm para el suministro de agua a animales. Esto evidencia una presencia ligeramente más pronunciada de sales disueltas, aunque en términos generales se mantiene dentro de los límites aceptables.

En lo que respecta a los índices químicos presentes, se puede apreciar un notable aumento en la concentración de sólidos disueltos totales, llegando a sobrepasar los 0.13 gramos por litro en las capas más profundas del agua. Cabe destacar que, hasta el momento, no se ha establecido un valor límite específico para este parámetro por parte de la Entidad de Conservación del Ambiente. Durante el análisis, se pudo apreciar un significativo incremento en los niveles de acidez total, alcanzando un valor de 133.0 mg/l, así como un aumento notable en la alcalinidad, que registró un valor de 133.08 mg/l. Además, se detectó un incremento en los niveles de calcio, llegando a 27.36 mg/l, y en los niveles de magnesio, que alcanzaron los 15.58 mg/l. A pesar de que estos indicadores no están regidos por normativas específicas en la categoría 3, sus valores continúan siendo apropiados para cuerpos de agua superficiales destinados a diversos usos, sin evidenciar situaciones críticas. Los niveles de cloruros, con una concentración de 22.69

mg/l, y de sulfatos, con una cantidad de 68 mg/l, resultaron ser inferiores a los valores máximos establecidos por las normativas (500 mg/l para cloruros en sistemas de riego y 1000 mg/l para sulfatos en todas las aplicaciones posibles). El nivel de concentración de nitratos en el agua alcanzó un valor de 0.02 miligramos por litro, lo cual representa una cifra ligeramente superior en comparación con el punto de muestreo ubicado aguas arriba. No obstante, es importante destacar que este valor se mantiene significativamente por debajo del límite establecido de 100 mg/l para ambas finalidades.

Desde la perspectiva microbiológica, se puede apreciar un significativo aumento en la concentración de coliformes totales, llegando a 650 NMP/100 ml (excediendo los 585 NMP/100 ml mencionados con anterioridad), mientras que los coliformes termotolerantes han ascendido a 64 NMP/100 ml, superando la cifra previa de 59 NMP/100 ml. A pesar de esta elevación en los niveles detectados, es importante destacar que ambos índices continúan estando notablemente por debajo de los valores establecidos como estándares por el Ente de Control Ambiental (ECA) para coliformes termotolerantes, que son de 2000 NMP/100 ml para agua y 1000 NMP/100 ml para bebida animal. Esto sugiere que, hasta el momento, no se ha evidenciado una contaminación microbiológica de relevancia en este entorno específico.

En resumen, los hallazgos obtenidos en el punto de vertimiento muestran una disminución significativa en diversos factores, especialmente en la temperatura y en ciertos indicadores químicos, lo cual sugiere un impacto ambiental considerable en la zona. Sin embargo, es importante destacar que la gran parte de estos elementos continúan manteniendo su estatus como valores que son considerados aceptables de acuerdo con los parámetros establecidos por el Sistema de Evaluación de la Calidad (ECA) en su Categoría 3. La anomalía se encuentra en el hecho de que la temperatura excedió el límite de variación permitido, lo cual posiblemente se deba a la entrada de aguas residuales a una temperatura más elevada provenientes de la laguna de oxidación. Este importante descubrimiento científico indica claramente que el torrente de agua puede tener una influencia específica y directa en la calidad y pureza del recurso hídrico,

aunque hasta el momento actual no se observan impactos significativos que afecten de forma considerable su idoneidad para ser utilizado en actividades de riego o como fuente de consumo para animales.

4.3. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CABANILLAS AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, EN 2026.

Tabla 05: Comparación de valores de parámetros aguas abajo del punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ECA Cat. 3	
			D1. Riego de vegetales	D2. Bebida de animales
FÍSICOS				
FÍSICOS				
pH		7.48	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
C.E	mS/cm	0.15	2.5	5.0
Temperatura (°C)	°C	14.0	Δ3	Δ3
QUÍMICOS				
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.07	NA	NA
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	106.4	NA	NA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	88.72	NA	NA
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	17.02	500	NA
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	mg/l	80	1000	1000
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.01	100	100

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ECA Cat. 3	
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	13.68	NA	NA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	17.42	NA	250
MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes totales	NMP/100ml	512	NA	NA
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	52	2000	1000

La tabla 05 revela que en el punto de muestreo situado justo por debajo del punto de vertido de desechos al río Cabanillas, se puede apreciar una ligera mejoría en la pureza del agua, alcanzando niveles que se asemejan a los reportados en la región más elevada de la cuenca. Todo lo evaluado se encuentra dentro de los límites establecidos por el Estatuto de la Comunidad Autónoma para la categoría 3, específicamente en lo que respecta al cultivo de vegetales y la ingesta de productos animales.

En relación a los datos físico-químicos obtenidos, es importante destacar que el valor de pH medido fue notablemente elevado, alcanzando un impresionante 7.48. Este resultado se encuentra dentro del rango establecido por las normativas vigentes, que oscilan entre 6.5 y 8.5 para el riego y entre 6.5 y 8.4 para el suministro de agua a animales, lo cual sugiere la presencia de una acidez constante en la muestra analizada. La conductividad eléctrica del agua alcanzó un valor de 0.15 milisiemens por centímetro, una cifra que se puede comparar con la observada en el agua pura, y que resulta significativamente inferior a los estándares establecidos, lo cual indica la presencia de una concentración muy baja de sales disueltas en la muestra analizada. El termómetro registrado en el dispositivo alcanzó una lectura de 14.0 grados Celsius, lo cual representa una disminución en comparación con el punto de vertimiento que se ubicaba en 17.5 grados Celsius. Además, se mantiene dentro de un margen de variación de más menos 3 grados

Celsius con respecto a la temperatura ambiente, lo que confirma que cumple con los requisitos establecidos por la normativa vigente.

En el exhaustivo análisis de los diversos parámetros químicos presentes en la muestra, se pudo determinar que la concentración de sólidos disueltos alcanzó un valor de 0.07 gramos por litro, una cantidad relativamente baja pero significativa en el contexto de la investigación. Este dato se reveló como una cifra modesta y se encontró ser comparable a la concentración observada en el agua ubicada aguas arriba del punto de muestreo. La dureza total y la alcalinidad del agua presentaron un marcado descenso, alcanzando niveles de 106.4 mg/l y 88.72 mg/l respectivamente. Estos valores muestran una disminución significativa con respecto a los registrados en el punto de vertido, sin embargo, es importante destacar que no existen regulaciones que restrinjan estos parámetros. Las cifras de cloruros, con 17.02 mg/l, y de sulfatos, con 80 mg/l, revelaron una notable disminución respecto a los límites máximos autorizados, que son de 500 mg/l y 1000 mg/l, respectivamente. Estos resultados confirman la ausencia de una contaminación relevante por parte de dichas sustancias en el entorno analizado. Además, durante el análisis se identificó una presencia de nitratos de 0.01 miligramos por litro, en concordancia con los niveles habituales y significativamente por debajo del umbral máximo permitido de 100 miligramos por litro, lo cual sugiere que no existe contaminación por compuestos nitrogenados en los recursos hídricos. Los niveles de calcio (13,68 mg/l) y magnesio (17,42 mg/l) se monitorearon y no mostraron signos de riesgo inminente, aunque no se ajustaron a los parámetros establecidos para esta categoría específica.

Se redujo considerablemente la concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes, con cifras de 512 NMP/100 ml y 52 NMP/100 ml, respectivamente. Los dos valores detectados están por debajo de los encontrados en el punto de vertido y muy por debajo de los límites máximos establecidos para bacterias coliformes termotolerantes (2000 NMP/100 ml para riego y 1000 NMP/100 ml para consumo animal), lo que indica que existe un proceso de autodepuración en el río tras recibir el vertido.

En resumen, los recientes descubrimientos realizados en el manto subterráneo han revelado una ligera mejora en la calidad de las aguas del río Cabanillas, presentando características físico-químicas y microbiológicas que continúan siendo acordes con los parámetros establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental, específicamente en su categoría 3. A pesar de la magnitud del impacto causado por el vertimiento, el agua conserva su notable capacidad de asimilación, al menos según las condiciones detalladamente analizadas, sin que esto repercuta de manera negativa en su idoneidad para el riego de cultivos o para el consumo directo por parte de la población.

4.4. VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL río Cabanillas EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE ANÁLISIS, DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, EN 2026.

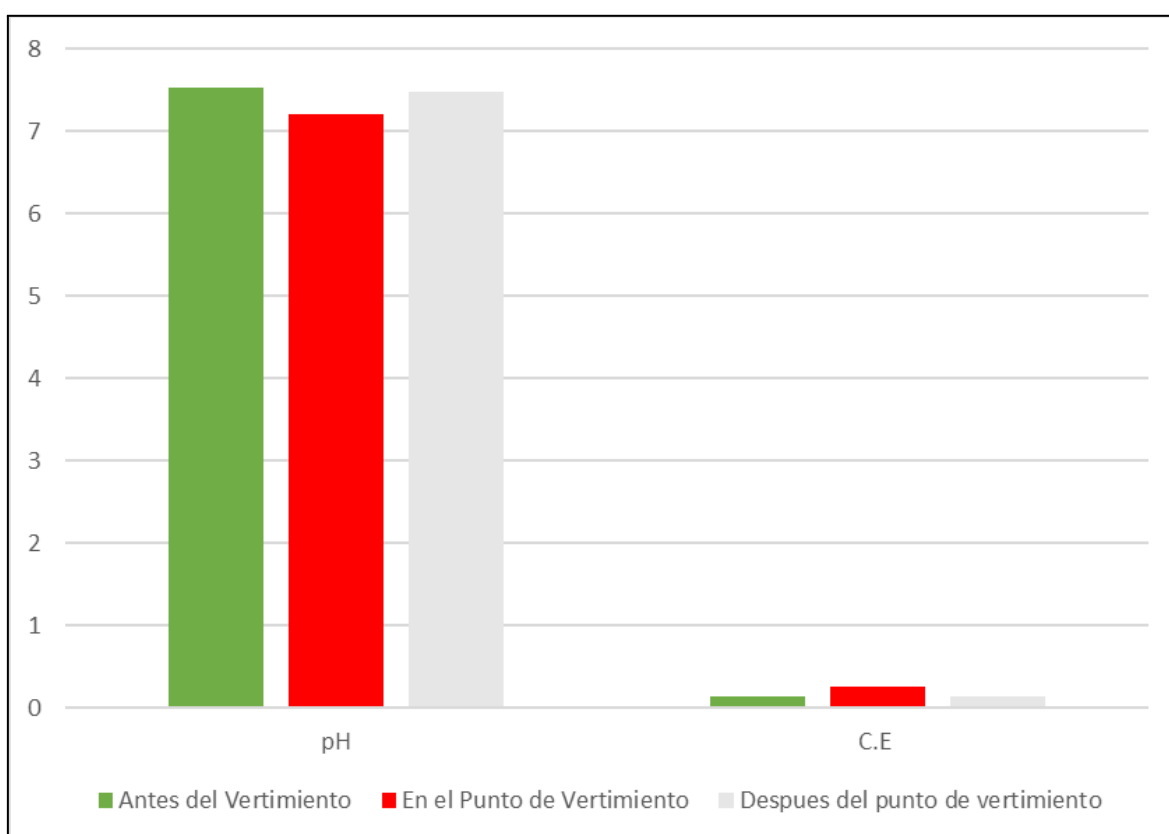


Figura 05: Variación de los parámetros físicos.

Conforme a lo representado en la Figura 05, inicialmente, se observa que el pH permaneció constante en los tres puntos de medición, a pesar de haber experimentado

una ligera variación. El nivel de pH experimentó un aumento significativo hasta alcanzar un valor de 7.53 en el punto de convergencia entre 7.21 y 7.48, para luego descender ligeramente. Cada uno de estos valores debe cumplir con las normas establecidas en el Estándar de Calidad del Agua (ECA), en su Categoría 3. Estos parámetros se sitúan en un rango que va desde 6.5 hasta 8.5 para el riego y desde 6.5 hasta 8.4 para el consumo de agua por parte de los animales. No obstante, es importante considerar que una ligera reducción en el nivel de acidez en el lugar de descarga podría ser ocasionada por la liberación de aguas residuales con un incremento en la cantidad de materia orgánica o por la presencia de sustancias que afecten el equilibrio ácido-base del agua. Posteriormente, en las profundidades del río, el nivel de pH comienza a recuperarse de forma parcial, lo que pone de manifiesto un fascinante proceso invisible de autodepuración del flujo acuático.

La medición de la conductividad eléctrica inició en 0.15 milisiemens por centímetro en el ambiente circundante, experimentando un aumento significativo a 0.26 mS/cm en el lugar de descarga, para posteriormente descender nuevamente a 0.15 mS/cm una vez en contacto con el agua. Este diagrama detallado muestra claramente un aumento significativo en la concentración de sales disueltas en el lugar de liberación, como consecuencia de los residuos vertidos, seguido por un proceso rápido de dilución o absorción por parte del organismo receptor. A pesar de que todos los índices se sitúan por debajo del límite máximo establecido por el Sistema de Control de Calidad de Alimentos para Animales (ECA) (2.5 mS/cm para riego y 5.0 mS/cm para consumo), el incremento específico ratifica que el vertido está provocando una perturbación cuantificable en dicho parámetro

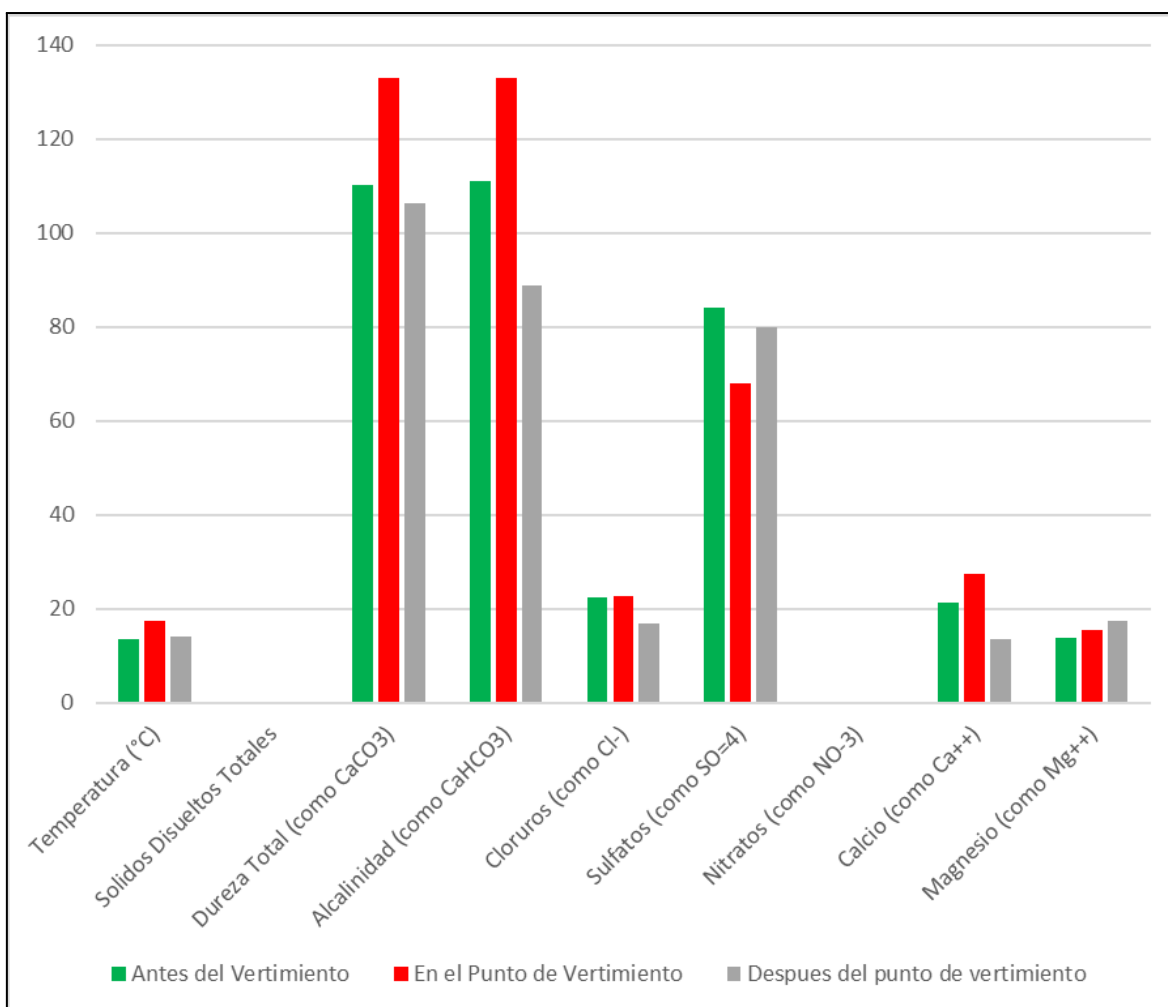


Figura 06: Variación de los parámetros químicos.

En la Figura 06, se observa que los sólidos disueltos totales (TDS), la dureza total, la alcalinidad, los cloruros, sulfatos, nitratos, calcio y magnesio mostraron ligeras fluctuaciones entre los tres parámetros examinados, manteniéndose dentro de las normas del ECA – Categoría 3 (si es necesario). Las concentraciones de sales disueltas en el agua aumentaron significativamente de 0,07 gramos por litro (aguas arriba) a 0,13 gramos por litro en el punto de vertimiento, luego volviendo a 0,07 gramos por litro aguas abajo. Este cambio brusco indica una entrada súbita de sales disueltas con el vertido y un rápido descenso en su concentración en el agua a medida que se aleja del punto de vertido. También se produjo un aumento significativo del punto de vertimiento de la dureza total y de la alcalinidad, que pasaron de 110,2 y 110,9 mg/l a 133,0 y 133,08 mg/l, respectivamente, para sufrir luego un marcado descenso, alcanzando valores de 106,4 y

88,72 mg/l, siguiendo una secuencia idéntica en ambos casos. Durante el transcurso de los tres puntos de muestreo, se pudo observar que los niveles de cloruros y sulfatos se mantuvieron en valores controlados, con una ligera disminución en las aguas más bajas. Estos resultados indican que la presencia del vertiente no tuvo un impacto significativo en la liberación de dichos compuestos químicos. Los niveles de nitratos se mantuvieron en un rango realmente asombroso y tranquilizador de 0.01 a 0.02 miligramos por litro, lo cual ha permitido evitar de manera efectiva cualquier posible amenaza de contaminación en el entorno. Finalmente, los niveles de calcio y magnesio presentaron pequeñas variaciones entre los puntos de medición, sin evidenciar alteraciones significativas ni infracciones legales.

Los análisis químicos realizados revelaron incrementos específicos en el lugar de descarga, lo cual evidenció el impacto de las aguas residuales tratadas en el entorno. A pesar de ello, es importante destacar que ninguna de las mediciones sobrepasó los valores límite establecidos por la normativa en vigor. En entornos con bajas temperaturas, la gran parte de estos indicadores volvieron a niveles comparables a los detectados en zonas acuáticas más elevadas, lo cual sugiere una probable dilución y una recuperación parcial del elemento vital.

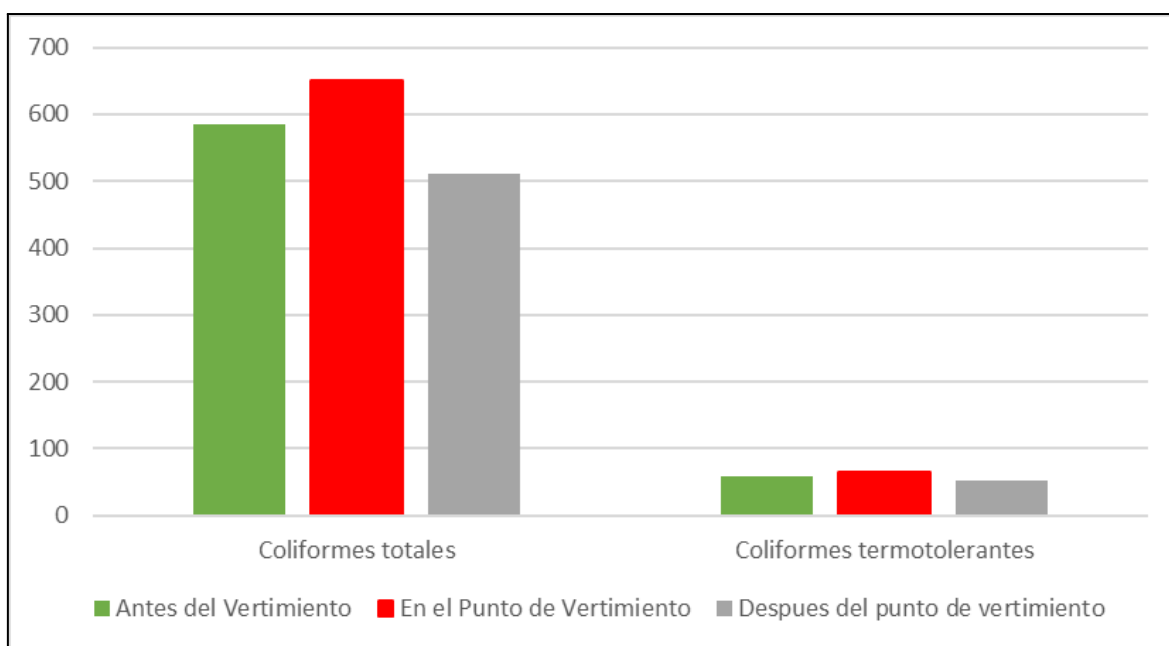


Figura 07: Variación de los parámetros microbiológicos.

Como se puede apreciar claramente en la figura número siete, el parámetro de coliformes totales presentó un notable incremento en el punto de vertimiento (650 NMP/100 ml) en contraste con las aguas de niveles superiores (585 NMP/100 ml), posteriormente se evidenció una marcada reducción en las aguas de niveles inferiores (512 NMP/100 ml). Esta variación en los niveles muestra una respuesta fecal específica desencadenada por el vertido.

En las mediciones realizadas, se encontraron 59 NMP por cada 100 mililitros en el punto de vertimiento, 64 NMP por cada 100 mililitros en el punto de vertimiento y 52 NMP por cada 100 mililitros bajo el agua. A pesar de que el punto de descarga experimentó un ligero aumento, los niveles continuaron manteniéndose significativamente por debajo de los parámetros establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) (2000 NMP/100 ml para fines de riego y 1000 NMP/100 ml para consumo animal), lo cual sugiere que no existe una presencia significativa de contaminación microbiológica en ninguna de las áreas evaluadas.

4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En contraste con el estudio realizado por Fernández y Guardado (2021) en el cauce del río Cabaña en la isla de Cuba, el cual puso de manifiesto un deterioro progresivo de la

calidad del agua en las zonas bajas debido a la acumulación de agentes contaminantes de origen industrial y residencial, los resultados obtenidos en nuestra investigación no indican un deterioro gradual en los tres puntos de muestreo (aguas arriba, punto de descarga y aguas abajo). No obstante, se observó una fluctuación intermitente en la conductividad eléctrica y la temperatura en el lugar de descarga, seguido por una pronta recuperación en el cuerpo de agua. Esto señala una capacidad eficaz para llevar a cabo procesos de purificación durante el período examinado, o una reducción significativa de la contaminación en contraste con zonas urbanas o industriales.

En contraposición a los hallazgos de Cedeño (2020), cuyos resultados mostraron concentraciones de DBO, DQO, cloruros y sólidos suspendidos totales que exceden los límites establecidos en las regulaciones para el vertido en el mar muerto (Ecuador), se evidencia una discrepancia sorprendente. En el transcurso de esta investigación, se observó que, si bien algunos parámetros, como la completa disolución de los sólidos o la medición de la dureza, no rebasaron los límites establecidos inicialmente. Además, la carga orgánica no se determinó de forma directa, como por ejemplo el índice de demanda bioquímica de oxígeno durante cinco días (DBO5), lo cual restringe la posibilidad de realizar comparaciones directas con investigaciones que sí incluyen estos indicadores en su análisis.

El estudio realizado por Salazar (2020) en el cauce del río Tarma puso de manifiesto incrementos significativos en los niveles de Depuración Basada en Oxígeno (DBO), así como una marcada reducción en los niveles de oxígeno disuelto en las áreas urbanas, lo que ha afectado negativamente la capacidad autodepurativa de este cuerpo de agua. No obstante, durante el monitoreo realizado en el cauce del río Cabanillas, no se detectaron signos preocupantes ni evidencias de un problema grave relacionado con la contaminación orgánica. Esta circunstancia podría deberse a una disminución significativa en la población de la región, a una dispersión más eficiente y extensa del río a lo largo de su cauce, o a una mayor habilidad para fluir y diluirse de manera natural y fluida en el entorno circundante.

El estudio detallado llevado a cabo por Barreto (2020) en el cauce del río Huallaga puso de manifiesto un notable aumento en la concentración de coliformes totales, *Escherichia coli*, turbidez y diversos indicadores adicionales, incluyendo tanto el flujo principal como las capas más profundas del agua. Este interesante hallazgo resulta sorprendente al contrastarse con los datos obtenidos en el mencionado análisis, en el cual los niveles de coliformes termotolerantes se mantuvieron consistentemente bajos en todos los puntos evaluados, sin rebasar los límites establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental, incluso en el punto de descarga. Esta diferencia significativa en los resultados podría atribuirse a la eficacia sobresaliente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Lampa en la erradicación de microorganismos, en contraposición con áreas donde los desechos se descargan directamente o sin un proceso de tratamiento previo adecuado.

En sus investigaciones más recientes, Huamaní (2023) y Chancari (2024) documentan niveles sumamente preocupantes de coliformes termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO5), tanto en las corrientes fluviales como en las aguas destinadas al consumo humano, lo cual pone de manifiesto una significativa degradación en la calidad y pureza del recurso hídrico. Por el contrario, en el río Cabanillas se identificaron niveles mínimos de coliformes termotolerantes (tan solo 64 NMP/100 ml) y la temperatura se mantuvo en los límites aceptables, lo cual supone una diferencia significativa y beneficiosa en comparación con otros ríos evaluados a nivel nacional.

En el ámbito local, el estudio realizado por Huayta en 2020 reveló niveles preocupantes de contaminación ambiental y clasificó el agua como no apta para el consumo humano y ligeramente contaminada para su uso en actividades de riego. En el año 2025, el investigador Mendo realizó un exhaustivo análisis que reveló la existencia de deficiencias significativas en el proceso de eliminación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el interior de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ubicada en Lampa. Estas deficiencias podrían cuestionar la eficacia global del sistema de tratamiento.

4.6. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.6.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.

Planteamos las hipótesis nula y alterna:

H_0 = La calidad del agua del río Cabanillas no se verá afectada por el vertido de aguas residuales provenientes de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, Puno, en el año 2026.

H_a = La calidad del agua del río Cabanillas se verá afectada por el vertido de aguas residuales provenientes de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, Puno, en el año 2026.

Conforme a los hallazgos físicoquímicos y microbiológicos descritos en las tablas 03, 04 y 05, se puede concluir que los resultados físicoquímicos y microbiológicos se detallan en las tablas 03, 04 y 05 :

- No se registraron cambios significativos ni incumplimientos con los ECA que indiquen una contaminación severa del río a causa del vertimiento.
- No se evidencia una afectación continua y progresiva aguas abajo.

Así, se acepta la hipótesis nula (H_0), concluyendo que el río Cabanillas permanece intacto gracias a la emisión de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla en el año 2026.

4.6.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.

Planteamos las hipótesis nula y alterna:

H_0 = La concentración de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas, en la sección aguas arriba del vertido de aguas residuales provenientes de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, cumple con el estándar de la Economía de la Comunidad (ECA) de categoría 3.

H_a = La concentración de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas, en la sección aguas arriba del vertido de aguas residuales provenientes de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, no satisface los criterios de la Estrategia de Calidad del Agua (ECA) categoría 3.

En la tabla 03: "Evaluación de parámetros acuáticos a nivel del punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3", se evidencia que se han respetado los criterios de calidad ambiental tanto en la Subcategoría D1: Alimentación vegetal como en la Subcategoría D2: Consumo animal. Por lo tanto, rechazamos la propuesta de rechazo la H_a y **aceptamos la hipótesis nula (H_0)**.

4.6.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.

Planteamos las hipótesis nula y alterna:

H_0 = La concentración de características fisicoquímicas y bacteriológicas en el agua del río Cabanillas, en el punto de descarga de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, es significativa, cumple con el ECA del agua en su categoría 3.

H_a = La concentración de características fisicoquímicas y bacteriológicas en el agua del río Cabanillas, en el punto de descarga de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, es significativa, no cumple con el ECA del agua en su categoría 3.

Según lo detallado en la tabla 04: "Evaluación de parámetros en el punto de impacto con el ECA - Categoría 3", se evidencia la adherencia a los criterios de calidad ambiental, tanto para la Subcategoría D1 como para la Subcategoría D2.: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales, por lo que rechazamos la H_a y **aceptamos la hipótesis nula (H_0)**.

4.6.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3.

Planteamos las hipótesis nula y alterna:

H_0 = La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas, aguas abajo del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa, cumple con el ECA categoría 3.

H_a = La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas, aguas abajo del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, no cumple con el ECA categoría 3.

Según lo detallado en la tabla 05: "Evaluación de parámetros bajo el punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3", se evidencia la adherencia a los criterios de calidad ambiental,

tanto para la Subcategoría D1 como para la Subcategoría D2: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales, por lo que rechazamos la H_a y **aceptamos la hipótesis nula (H_0)**.

4.6.5. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 4.

Planteamos las hipótesis nula y alterna:

H_0 = No existe variación significativa de la calidad del agua del río Cabanillas en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla – Puno, en 2026.

H_a = Existe variación significativa de la calidad del agua del río Cabanillas en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla – Puno, en 2026.

Para comprobar esta hipótesis, se tomaron muestras en tres puntos estratégicos del río Cabanillas:

- M1: Aguas arriba del vertimiento
- M2: En el punto de vertimiento
- M3: Aguas abajo del vertimiento

Conforme a los hallazgos descritos en las figuras 05: "Evolución de los parámetros físicos", figura 06: "Evolución de los parámetros químicos" y figura 07: "Evolución de los parámetros microbiológicos", los puntos examinados del río no mostraron divergencias notables. Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis H_a .

CONCLUSIONES

PRIMERA: Durante el año 2026, el caudal del río Cabanillas no muestra signos evidentes de deterioro significativo a causa de la descarga de aguas residuales procedentes de la laguna oxidada ubicada en el distrito de Cabanilla, en la región de Puno. A pesar de que algunos indicadores, tales como los coliformes, los sólidos disueltos y la temperatura, experimentaron una notable disminución en el punto de vertido, es importante destacar que todos los valores se mantuvieron en un rango que se encuentra dentro de los límites establecidos por los rigurosos Estándares de Calidad Ambiental (ECA – Categoría 3).

SEGUNDA: El caudal del río Cabanillas, con sus aguas fluyendo más allá de su punto de origen, satisface satisfactoriamente las Normas de Calidad Ambiental (ECA – Categoría 3) en lo que respecta al crecimiento de la vegetación y la alimentación de los animales en todos los aspectos que han sido evaluados. Los valores medidos fueron: pH (7.53), conductividad eléctrica (0.15 mS/cm), temperatura (13.5 grados Celsius), sólidos disueltos (0.07 gramos por litro), alcalinidad (110.9 miligramos por litro) y coliformes termotolerantes (59 NMP por cada 100 mililitros). Todos estos resultados están dentro de los límites permitidos por las regulaciones actuales. En esta región, el río se encuentra en un estado de conservación impecable y no se ve afectado por fuentes de contaminación directa, lo que contribuye a mantener la biodiversidad del ecosistema acuático en equilibrio.

TERCERA: En el punto de convergencia de las muestras recolectadas, se pudo apreciar un ligero incremento en los niveles de conductividad eléctrica, alcanzando un valor de 0.26 milisiemens por centímetro (mS/cm), así como un aumento en la temperatura, que se situó en 17.5 grados Celsius. Además, se registró un aumento en la concentración de

sólidos disueltos, llegando a 0.13 miligramos por litro (mg/L), y en los recuentos de coliformes totales, con valores de 650 NMP/100ml, y coliformes termotolerantes, con una cantidad de 64 NMP/100ml. Es importante destacar que estos valores se mantuvieron dentro de los límites establecidos por las normativas del Estándar de Calidad Ambiental (ECA). Esto evidencia que la descarga de residuos de la laguna oxidada ubicada en el distrito de Cabanilla está teniendo un efecto significativo, aunque todavía relativamente moderado, en la calidad del agua.

CUARTA: En la zona situada en la parte baja del área de vertido, la gran mayoría de los parámetros que han sido sometidos a análisis se mantienen en niveles estables, e incluso se observa una disminución en algunos de ellos, como es el caso de los coliformes y la conductividad atmosférica, en comparación con los valores iniciales. Esto demuestra claramente que el río Cabanillas cuenta con una capacidad excepcional para auto depurarse, lo que conlleva a una disminución significativa en la magnitud del caudal. Sin embargo, esta resurrección se ve influenciada por el constante flujo del torrente y diversos factores ecológicos adicionales, por lo que no debería ser tomada como una solución duradera o completamente satisfactoria frente a las recurrentes inundaciones.

QUINTA: Para los tres puntos analizados, se concluye que las fluctuaciones observadas entre las aguas superiores, el punto de vertimiento y las aguas inferiores no son significativas. Según el análisis comparativo de valores, se determina que la calidad del agua no sufre cambios significativos o alarmantes debido al vertimiento de la PTAR, aunque sí se observan pequeñas variaciones que demandan un monitoreo constante para evitar la acumulación de contaminantes.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la alcaldía de Cabanilla y al gobierno regional de Puno: Se recomienda fortalecer la estructura y la operativa de la laguna de oxidación, garantizando su operatividad impecable a pesar de las lluvias y la carga orgánica. Es crucial despertar la conciencia colectiva y promover la participación ciudadana en la vigilancia de la pureza del agua, con el propósito de asegurar la perpetuidad del vital líquido en beneficio del entorno natural y el bienestar colectivo..

SEGUNDA: Mensaje dirigido a la Municipalidad Distrital de Cabanilla y a los líderes locales encargados de la preservación del entorno natural: Se propone instaurar un sistema constante de vigilancia de la pureza del agua en la zona superior al punto de vertimiento, con el fin de conservar las condiciones actuales y prevenir efectos adversos futuros de nuevas fuentes contaminantes o alteraciones en la gestión del suelo.

TERCERA: Correspondiente a la empresa que gestiona la laguna oxidada de Cabanilla: Es crucial realizar un análisis meticuloso de la eficiencia de la planta de tratamiento, enfocándonos en los métodos para eliminar sólidos y microorganismos. A pesar de estar en el dominio del ECA, se observa una carga orgánica moderada que puede intensificarse con el paso del tiempo si no se toman acciones correctivas pertinentes.

CUARTA: Dedicado al Ministerio del Ambiente (MINAM) y a la Autoridad Nacional del Agua (ANA): Se propone fomentar estudios sobre la habilidad autodepurativa del río Cabanillas, acompañado de la creación de muros vegetales naturales o áreas de amortiguamiento bajo su cauce, con el fin de mantener o elevar la excelencia del agua a lo largo del tiempo.

QUINTA: Académicos y líderes ecológicos de la región: Dado que no se observaron variaciones significativas entre los puntos seleccionados, se sugiere realizar estudios prolongados (monitoreo estacional y en años venideros) para desentrañar la esencia del impacto del vertimiento. Esto permitirá verificar o ajustar la política actual de tratamiento y descarga.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfárez Rivas, L. E., & Nieves Pimiento, N. (2019). Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR): Impacto ambiental esperado e impacto ambiental provocado. Caribeña de Ciencias Sociales, junio. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/tratamiento-aguas-residuales.html/hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1906tratamiento-aguas-residuale>.
- ANA. (2024). Construcción de la línea base nacional de aguas superficiales del Perú. Autoridad Nacional del Agua. <http://isbn.bnp.gob.pe/>
- AQUAE. (2021). Principales causas y consecuencias de la contaminación en el [https://www.fundacionaquae.org/agua-y-contaminacion/].
- Barreto Caldas, E. (2020). Vertimiento de aguas residuales y su influencia en la contaminación del Río Huallaga—Huánuco 2019 [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6451>
- Bonifaz, E. (2018). Contaminantes y sustancias químicas peligrosas presentes en las aguas residuales y sus efectos en el ambiente. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26321.63841>
- Bostanian, G. (2022). Aguas residuales y agricultura: Aguas residuales, definición, métodos y aplicación en agricultura y acuicultura. Ediciones Nuestro Conocimiento.
- Cedeño Muñoz, H. A. (2020). Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador. Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, 5(2), 579-604. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7435323>
- Chancari Fierro, E. D. (2024). Niveles de contaminación de las aguas residuales de Huancavelica y su efecto en la calidad del agua del río Ichu. <https://hdl.handle.net/20.500.14597/8184>
- Chavez Alberto, A. M., & Avila Galindo, K. S. (2024). Calidad de agua del río Cunas generados por vertimientos de aguas residuales urbanas en el distrito de

Chupaca-2022.

Universidad

Continental.

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/16223>

Chiva Vicent, S., Berlanga Clavijo, J. G., Martínez Cuenca, R., & Climent Agustina, J. (2018). Depuración de aguas residuales: Digestión anaerobia (1.a ed.). Universitat Jaume I. <https://doi.org/10.6035/UJI.FACSA.2018.2>

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. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1870>

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Pub. L. No. Decreto supremo 004-2017-MINAM, 10 (2017).

Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar (División de Recursos Naturales e Infraestructura). CEPAL. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF&ved=2ahUKEwj-kMPcsfyJAXXA H7kGHT3AIY4QFnoECB0QAQ&usg=AOvVaw3E_vlHYuV59PBSurHd_QTD

Fernández, A. (2012). El agua: Un recurso esencial. (Vol. 11).

Fernández-Rodríguez, M., & Guardado-Lacaba, R. M. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (INCAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. Minería y Geología, 37(1), 105-119. <https://www.redalyc.org/journal/2235/223566343008/html/>

García, M. (2009). Contaminación del Agua. <https://es.scribd.com/document/602981765/contaminacion-del-agua>

Huamaní Taipe, N. M. (2023). Impacto de la descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales en la calidad del agua del río Mollebamba –Antabamba [Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/de4bfd04-baef-408a-a8b7-12b306e8250d>

Huayta Coaquira, M. L. (2020). Efecto Del Vertimiento De Aguas Residuales Domésticas

- En La Calidad De Agua Del Río Cabanillas [Universidad Andina Néstor Cáceres Velasquez]. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4767>
- López, M., Romano, E., & Triana, J. (2005). El Agua. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/253/1/495.pdf>
- López Rendón, J. E. (1990). Geoquímica ambiental: La geoquímica de aguas superficiales - una revisión. Memorias: I Seminario Andino de Geología Ambiental; I Conferencia Colombiana de Geología Ambiental; III Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburra, abril 30, mayo 1 y 2 de 1990, Medellín-Colombia. Seminario Andino de Geología Ambiental, 1.
- Mara, D. D., Cairncross, S., Organization, W. H., & Programme, U. N. E. (2020). Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura: Medidas de protección de la salud pública. Organización Mundial de la Salud. <https://iris.who.int/handle/10665/39350>
- Mendo Belizario, L. N. (2025). Evaluación de la eficiencia de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lampa, Puno 2024. Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1129>
- MINAM. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua y Disposiciones Complementarias. Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Olivares Hernández, E. B. (2022). Vertimiento de aguas residuales domiciliarias generados por la población de Humay en la calidad del agua en el río Pisco, 2021 [Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica]. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/4696>
- OXFAM, E. (2016, mayo 8). Principales causas de la contaminación del agua. Ingredientes que Suman. <https://blog.oxfamintermon.org/cuales-son-las-principales-causas-de-la-contaminacion-del-agua/>
- Pacori Pacori, J. (2024). Evaluación de la eficiencia y alternativa de solución de la planta

de tratamiento de aguas residuales en Lampa.

<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/1720807>

Salazar Huánuco, J. E. (2020). Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el período 2015-2019. Universidad Continental.

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7893>

Sanches, D. (2015). TEMA 11: Calidad del Agua y su Control [Universidad de Castilla - La Mancha].

https://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf

Sierra Ramírez, C. A. (2011). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico (1a ed). Ediciones de la U.

SPENA GROUP. (2016, diciembre 11). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales—PTAR. SPENA GROUP Tratamiento de Aguas Residuales.

<https://spenagroup.com/planta-tratamiento-aguas-residuales-ptar/>

UNESCO. (2020). UN World Water Development Report 2020 – Water and Climate Change | UNESCO. <https://www.unesco.org/en/wwap/wwdr/2020>

Valencia Monedero, C. H. (2016). Aguas Residuales (1st ed). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Verna, V. (2016). Los ECA y el Sistema Ambiente. Forseti: Revista de Derecho, 6, 29-42. <https://doi.org/10.21678/forseti.v0i6.1118>

Vieira, M. J. (2002). Protección y captación de pequeñas fuentes de agua. http://sintet.net/images/biblioteca_digital/Manual%20de%20protecci%C3%B3n%20y%20captaci%C3%B3n%20de%20peque%C3%B1as%20fuentes%20de%20agua,%20MAG%20-%20CENTA%20-%20FAO,%20%20EI%20Salvador%202002..pdf

Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, 35(2), 304-308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación.

VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CABANILLAS POR EFECTO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA, PUNO - 2026.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL ¿Cómo varía la calidad del agua del río Cabanillas por efecto del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, Puno - 2026?	GENERAL Evaluar la variación de la calidad del agua del río Cabanillas por efecto del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, Puno - 2026..	GENERAL El vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla afecta la calidad del agua del río Cabanillas, Puno, en el año 2026.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Variación de la calidad del agua	INDICADORES D.S. 004-2017 MINAM(ECA del agua)	Enfoque: Cuantitativo.
ESPECÍFICOS ¿Cuál es la calidad del agua del río Cabanillas aguas arriba del punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla?	ESPECÍFICOS Determinar la calidad del agua del río Cabanillas aguas arriba del punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla.	ESPECÍFICOS La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas, en el punto de monitoreo ubicado aguas arriba del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3.	VARIABLE DEPENDIENTE: Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Conductividad eléctrica Color Temperatura Oxígeno disuelto pH DBO DQO5 Cloruros Nitritos Nitritos Aceites y grasas coliform Coliformes termotolerantes Escherichia coli	Población: Agua del río Cabanillas, distrito de Lampa. Muestra. 03 muestras. Tipo de muestreo. Simple y puntuales Técnicas. Observación Análisis.
¿Cuál es la calidad del agua del río Cabanillas en el punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla?	Determinar la calidad del agua del río Cabanillas en el punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla.	La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas, en el punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, presenta valores que no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3.			Instrumentos -D.S. 004-2017 MINAM(ECA del agua) -Laboratorio Diseño estadístico estadísticas descriptivas y comparativas

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la calidad del agua del río Cabanillas aguas abajo del punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla?	Determinar la calidad del agua del río Cabanillas aguas abajo del punto de vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla.	La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas, en el punto de monitoreo ubicado aguas abajo del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla, presenta variaciones que no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3.			
¿Cómo varía la calidad del agua del río Cabanillas en los diferentes puntos de monitoreo (aguas arriba, punto de vertimiento y aguas abajo), por efecto del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla?	Comparar la calidad del agua del río Cabanillas en los diferentes puntos de monitoreo, a fin de evaluar el efecto del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla.	Existen diferencias significativas en la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Cabanillas entre los puntos de monitoreo ubicados aguas arriba, en el punto de vertimiento y aguas abajo, debido al vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación del distrito de Cabanilla..			

Anexo 02: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales				
Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO3 -N)+ Nitritos (NO2 -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO2 -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		A gua para riego no restringido (c)	A gua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		—
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		—
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	—		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
<u>Bifenilos Policlorados</u>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<u>PLA GUICIDA S</u>				
Paratión	µg/L	35		35
<u>Organoclorados</u>				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptaclo y Heptaclo Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<u>Carbamato</u>				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARA SITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100	1000	2 000	1000
	ml			
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100	1000	—	—
	ml			
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	—

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

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

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Fuente: (DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, 2017)

Anexo 03: Análisis de laboratorio.



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

INFORME DE ENSAYO 0053/MQA

RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : RIO CABANILLA
INTERESADO : MATO CHUQUICALLA PARICAHUA
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 04/02/2026 (por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 05/02/2026

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro
Olor : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	M1	M2	M3	METODOLOGÍA
pH		7.53	7.21	7.48	Electrométrico
C.E	mS/cm	0.15	0.26	0.15	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	13.5	17.5	14.0	Termómetro

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.07	0.13	0.07	Evaporación y pesaje
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	110.2	133.0	106.4	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	110.9	133.08	88.72	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	25.53	22.69	17.02	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	84	68	80	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.01	0.02	0.01	método colorimétrico
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	21.28	27.36	13.68	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	13.75	15.58	17.42	Titulación con EDTA

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100 ml	585	650	512
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	59	64	52

INTERPRETACION:

El agua analizada es en íones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

Gerente
RUC: 20612800741

Largo Palacios Frisancho
BIÓLOGO
C.B. 2125

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

Anexo 04: fotografía



Figura. 01. LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA



Figura. 02. LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CABANILLA SEÑALANDO LA
SALIDA
HACIA EL RÍO



Figura. 03. TOMA DE MUESTRA DE DESARENADOR DE PUNTO DE SALIDA



Figura. 04. TUBO DE SALIDA DEL DESARENADOR HACIA AL RÍO



Figura. 05. SALIDA DEL VERTIMIENTO HACIA AL RÍO CABANILLAS



Figura. 06. TOMA DE MUESTRA CANAL DE SALIDA



Figura. 07. CANAL DE SALIDA HACIA AL RÍO CABANILLAS



Figura. 08. ENTRADA DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DE CABANILLA AL RÍO
CABANILLAS



Figura. 09. TOMA DE MUESTRA EN LA ENTRADA AL RÍO CABANILLAS