

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LAMPA POR
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA P.T.A.R. DEL DISTRITO DE
LAMPA - PUNO, 2025**

PRESENTADA POR:

ANDY WILLIAMS TICONA ORTEGA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2025



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



7.17%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 21 AUG 2025, 5:20 PM

Similarity report

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

● IDENTICAL
0.84%

● CHANGED TEXT
6.32%

Report #28115039

ANDY WILLIAMS TICONA ORTEGA // VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA D
EL RÍO LAMPA POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA P.T.A.R. DEL
DISTRITO DE LAMPA - PUNO, 2025 RESUMEN La presente investigación tuvo
como objetivo evaluar la calidad del agua del río Lampa,
considerando el vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR
del distrito de Lampa – Puno, en el año 2025. **2 6 9** De acuerdo al Protocolo
Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos
Superficiales, se han tomado muestras en tres puntos, antes del
vertimiento M°01, en el punto de vertimiento M° 02 y después del vertimiento M°03.
Siendo los resultados antes del vertimiento: pH (7.53), conductividad
eléctrica (0.15 mS/cm), temperatura (13.5), sólidos disueltos (0.07 g/
L), alcalinidad (110.9 mg/L) y coliformes termotolerantes (59 NMP/
100ml), punto que cumple con el ECA - Cat. 3.; en el punto de
vertimiento, se observó un aumento leve en la conductividad eléctrica
(0.26 mS/cm), temperatura (17.5 °C), sólidos disueltos (0.13 mg/L) y
coliformes totales (650 NMP/100ml) y termotolerantes (64 NMP/100ml),
aunque sin exceder los límites del ECA. En el tramo aguas abajo
del vertimiento, los valores de la mayoría de los parámetros
analizados tienden a estabilizarse, e incluso algunos presentan
disminución en comparación con el punto de vertimiento, como los
coliformes y la conductividad. La variación de la calidad del agua

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

**VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LAMPA POR
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA P.T.A.R. DEL DISTRITO DE
LAMPA - PUNO, 2025**

PRESENTADA POR:

ANDY WILLIAMS TICONA ORTEGA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

: 
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub Área: Ingeniería Ambiental.

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 11 de septiembre del 2025.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y darme la fuerza necesaria para seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mis padres, por su amor incondicional, esfuerzo constante y apoyo en cada paso de mi vida académica; este logro también es suyo.

A mis hermanos y familia, por ser mi aliento y sostén cuando más lo necesité.

A mis amigos verdaderos y personas especiales que me acompañaron con palabras de ánimo, comprensión y compañía durante este proceso.

Y finalmente, a mí mismo, por no rendirme, por la perseverancia, la dedicación y el compromiso que me permitieron llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional sólida, orientada al compromiso social y al desarrollo sostenible de nuestra región. Gracias por ser la institución que me acogió y formó con responsabilidad y calidad académica.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por ser el espacio académico donde crecí profesional y personalmente, donde aprendí a valorar la importancia del cuidado del medio ambiente y la responsabilidad que conlleva ser un agente de cambio en nuestra sociedad.
- A los distinguidos miembros del jurado calificador:
 - Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda,
 - Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez,
 - y Dra. Marlene Cusi Montesinos,por su valioso tiempo, dedicación y aportes críticos que enriquecieron esta investigación y contribuyeron significativamente a su validación académica.
- A mi asesor, el M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por su constante orientación, por compartir con generosidad su experiencia, conocimiento y por motivarme a perseverar y culminar esta etapa importante de mi vida académica. Su acompañamiento fue clave para la concreción de este trabajo.

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	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. EL AGUA.	22
	3

2.1.2. EL AGUA SUPERFICIAL.	22
2.1.3. CALIDAD DEL AGUA	23
2.1.4. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA	23
2.1.5. EFECTOS DE CONTAMINACIÓN DE AGUA DE RÍO	24
2.1.6. LAS AGUAS RESIDUALES.	25
2.1.7. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR AGUAS RESIDUALES	26
2.1.8. LAS PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)	27
2.1.9. ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL – ECA AGUA	28
2.2. MARCO CONCEPTUAL	29
2.3. MARCO NORMATIVO	32
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	33
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	33
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	33
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	34
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	34
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	37
3.3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.3.2. TÉCNICAS	37
3.3.3. INSTRUMENTOS	38
3.3.4. MATERIALES.	38
3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	38
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	40
3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	40

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LAMPA AGUAS ARRIBA DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR DEL DISTRITO DE LAMPA, EN 2025.	42
4.2. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LAMPA EN EL PUNTO DE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR DEL DISTRITO DE LAMPA, EN 2025.	44
4.3. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LAMPA AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR DEL DISTRITO DE LAMPA, EN 2025.	47
4.4. VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LAMPA EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE ANÁLISIS, DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR DEL DISTRITO DE LAMPA – PUNO, EN 2025.	50
4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	53
4.6. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	55
4.5.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.	55
4.5.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.	56
4.5.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.	56
4.5.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3.	56
4.5.5. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 4.	57
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Ubicación de los puntos de muestreo.	36
Tabla 02: Operacionalización de variables.	40
Tabla 03: Comparación de valores de parámetros de aguas arriba del punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3.	42
Tabla 04: Comparación de valores de parámetros en el punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3.	44
Tabla 05: Comparación de valores de parámetros aguas abajo del punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Contaminantes y sustancias químicas peligrosas presentes en las aguas residuales y sus efectos en el ambiente.	27
Figura 02. Resumen del ECA del Agua.	29
Figura 03: Ubicación del río Lampa en la red hidrográfica de Puno.	35
Figura 04: Ubicación de las muestras en el río Lampa.	37
Figura 05: Variación de los parámetros físicos.	50
Figura 06: Variación de los parámetros químicos.	51
Figura 07: Variación de los parámetros microbiológicos.	53
Figura 08: Fotografía panorámica del punto antes del vertimiento de aguas residuales.	73
Figura 09: Toma de la muestra para análisis fisicoquímico, antes del vertimiento de aguas residuales.	73
Figura 10: Toma de la muestra para análisis microbiológico, antes del vertimiento de aguas residuales.	74
Figura 11: Fotografía panorámica del punto del lugar del vertimiento de aguas residuales.	74
Figura 12: Toma de la muestra para análisis fisicoquímico, en el punto del vertimiento de aguas residuales.	75
Figura 13: Toma de la muestra para análisis microbiológico, en el punto del vertimiento de aguas residuales.	75
Figura 14: Fotografía panorámica del punto después del vertimiento de aguas residuales.	76
Figura 15: Toma de la muestra para análisis fisicoquímico, después del vertimiento de aguas residuales.	76
Figura 16: Toma de la muestra para análisis microbiológico, después del vertimiento de aguas residuales.	77

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación.	67
Anexo 02: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.	69
Anexo 03: Análisis de laboratorio.	72
Anexo 04: Galería fotográfica.	73

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del río Lampa, considerando el vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en el año 2025. De acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, se han tomado muestras en tres puntos, antes del vertimiento M°01, en el punto de vertimiento M° 02 y después del vertimiento M°03. Siendo los resultados antes del vertimiento: pH (7.53), conductividad eléctrica (0.15 mS/cm), temperatura (13.5), sólidos disueltos (0.07 g/L), alcalinidad (110.9 mg/L) y coliformes termotolerantes (59 NMP/100ml), punto que cumple con el ECA - Cat. 3.; en el punto de vertimiento, se observó un aumento leve en la conductividad eléctrica (0.26 mS/cm), temperatura (17.5 °C), sólidos disueltos (0.13 mg/L) y coliformes totales (650 NMP/100ml) y termotolerantes (64 NMP/100ml), aunque sin exceder los límites del ECA. En el tramo aguas abajo del vertimiento, los valores de la mayoría de los parámetros analizados tienden a estabilizarse, e incluso algunos presentan disminución en comparación con el punto de vertimiento, como los coliformes y la conductividad. La variación de la calidad del agua en los tres puntos analizados, las diferencias observadas entre aguas arriba, punto de vertimiento y aguas abajo no son significativas, pues no existe una variación crítica o alarmante de la calidad del agua atribuible al vertimiento de la PTAR. Concluyendo que la calidad del agua del río Lampa, en el tramo evaluado durante el año 2025, no presenta un deterioro significativo atribuible al vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, pues todos los valores se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA – Categoría 3).

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

ABSTRACT

The present investigation aimed to evaluate the water quality of the Lampa River, considering the discharge of wastewater from the WWTP of the district of Lampa - Puno, in the year 2025. According to the National Protocol for Monitoring the Quality of Surface Water Resources, samples have been taken at three points, before discharge M ° 01, at discharge point M ° 02 and after discharge M ° 03. The results before discharge being: pH (7.53), electrical conductivity (0.15 mS / cm), temperature (13.5), dissolved solids (0.07 g / L), alkalinity (110.9 mg / L) and thermotolerant coliforms (59 NMP / 100ml), point that complies with the ECA - Cat. 3.; At the discharge point, a slight increase in electrical conductivity (0.26 mS/cm), temperature (17.5 °C), dissolved solids (0.13 mg/L) and total coliforms (650 NMP/100ml) and thermotolerant (64 NMP/100ml) was observed, although without exceeding the ECA limits. In the section downstream of the discharge, the values of most of the parameters analyzed tend to stabilize, and some even show a decrease compared to the discharge point, such as coliforms and conductivity. The variation in water quality at the three points analyzed, the differences observed between upstream, discharge point and downstream are not significant, since there is no critical or alarming variation in water quality attributable to the discharge from the WWTP. Concluding that the water quality of the Lampa River, in the stretch assessed during 2025, does not show significant deterioration attributable to the discharge of wastewater from the Lampa District WWTP, Puno, as all values remained within the ranges established by the Environmental Quality Standards (ECA – Category 3).

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

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua constituye un eje fundamental para garantizar el bienestar humano, la salud pública y el equilibrio de los ecosistemas. A nivel global, la contaminación hídrica representa una de las principales causas de enfermedades transmitidas por el agua, afectando con mayor severidad a las poblaciones más vulnerables. En este contexto, la situación de los cuerpos de agua en el ámbito local adquiere relevancia crítica, especialmente en zonas donde el recurso hídrico cumple múltiples funciones sociales, económicas y ecológicas (Mara et al., 2020)..

El río Lampa, ubicado en la región Puno, es una fuente hídrica de vital importancia para las actividades de consumo humano, agricultura y ganadería de la población local. Sin embargo, su calidad se ve amenazada por el vertimiento de aguas residuales, muchas veces sin el debido tratamiento o con procesos deficientes. Esta situación compromete la salud de las personas que dependen directamente de este recurso, además de alterar el equilibrio ecológico de la zona y poner en riesgo la biodiversidad acuática.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Lampa fue implementada con el objetivo de reducir los impactos negativos de los vertimientos mediante el tratamiento adecuado de las aguas residuales. No obstante, la falta de monitoreo constante y estudios técnicos que evalúen su eficiencia plantea la posibilidad de una contaminación persistente y progresiva del río Lampa. Ante esta situación, el presente estudio se propone evaluar la calidad del agua del río en distintos puntos (aguas arriba, en el punto de vertimiento y aguas abajo), con el propósito de evidenciar el nivel de afectación generado por la descarga de aguas tratadas o no tratadas, y a partir de ello, generar propuestas de mejora técnica y operativa.

La presente investigación proporciona información científica y objetiva sobre el estado actual de la calidad del agua del río Lampa, insumo clave para que las autoridades locales y regionales puedan tomar decisiones informadas sobre el manejo de las aguas residuales. Asimismo, los resultados permitirán a los operadores de la PTAR ajustar sus

procesos, optimizar recursos y garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos por la normativa ambiental peruana.

El análisis comparativo de la calidad del agua en los tres puntos mencionados brinda una visión clara del impacto que generan las aguas residuales sobre el ecosistema acuático. Esta información facilitará la formulación de estrategias de remediación más eficaces y fundamentadas. Desde el punto de vista práctico, los resultados del presente trabajo podrán ser tomados como base para futuras políticas públicas orientadas a mejorar la infraestructura de tratamiento de aguas residuales, reducir los riesgos sanitarios y fortalecer el monitoreo ambiental en la región Puno.

Finalmente, el desarrollo del presente documento se ha organizado en los siguientes apartados:

- **Capítulo I:** Se expone el problema de investigación, acompañado de información relevante y antecedentes internacionales, nacionales y locales. Al final se presentan los objetivos de la investigación.
- **Capítulo II:** Se desarrolla el marco teórico y conceptual, así como la normatividad nacional vigente, concluyendo con la formulación de las hipótesis.
- **Capítulo III:** Se describe la metodología utilizada, detallando la zona de estudio, población y muestra, así como los aspectos estadísticos del trabajo.
- **Capítulo IV:** Se presentan, analizan e interpretan los resultados obtenidos.
- Finalmente, se concluye el documento con nuestras apreciaciones finales y recomendaciones, derivadas de los hallazgos alcanzados durante el desarrollo de esta investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, la calidad del agua se ha convertido en una preocupación ambiental y sanitaria de primer orden. Según informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de las Naciones Unidas, millones de personas carecen de acceso a agua potable segura, principalmente debido a la contaminación por aguas residuales, productos químicos y desechos sólidos (UNESCO, 2020). El vertimiento inadecuado de aguas residuales en cuerpos hídricos no solo deteriora los ecosistemas acuáticos, sino que también pone en riesgo la salud humana y la seguridad alimentaria (Mara et al., 2020).

En el contexto nacional, el Perú enfrenta serios desafíos relacionados con la gestión del agua, especialmente en lo referente al tratamiento de aguas residuales. Diversos estudios han evidenciado que muchas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) operan con deficiencias técnicas, administrativas o carecen de mantenimiento adecuado, lo que genera descargas contaminantes en ríos, lagos y quebradas (Cusiche & Miranda, 2019). Esta situación se agrava en las regiones altoandinas, donde la falta de infraestructura y el escaso monitoreo ambiental dificultan la implementación de soluciones efectivas.

En la región Puno, esta problemática se manifiesta con particular intensidad. Numerosos ríos, como el Suches, Coata, Ramis y el propio río Lampa, han sido afectados por el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales, muchas veces sin tratamiento adecuado (Pacori, 2024). Esta situación ha generado impactos negativos en la

biodiversidad acuática, en la salud de las poblaciones cercanas y en la calidad de vida de los habitantes, especialmente en las comunidades rurales que utilizan el agua de los ríos para actividades cotidianas.

A nivel local, en el distrito de Lampa, la existencia de una PTAR representa un esfuerzo por mitigar la contaminación de las aguas del río del mismo nombre (Mendo, 2025). Sin embargo, no se cuenta con información actualizada ni suficiente sobre el estado de funcionamiento de dicha planta, ni sobre los niveles de contaminación que sus vertimientos podrían estar generando en el cuerpo de agua receptor. Es fundamental conocer la calidad del agua del río en distintos puntos (aguas arriba, en el punto de vertimiento y aguas abajo), a fin de evaluar la efectividad del tratamiento y su impacto ambiental.

La falta de estudios recientes que analicen la calidad del agua del río Lampa en relación con los vertimientos de la PTAR limita la capacidad de acción de las autoridades y pone en riesgo tanto el ecosistema fluvial como la salud pública. En este sentido, se plantea la siguiente interrogante:

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo es la calidad del agua del río Lampa, considerando el vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en el año 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la calidad del agua del río Lampa aguas arriba, antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025?
- ¿Cuál es la calidad del agua del río Lampa en el punto de vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025?
- ¿Cuál es la calidad del agua del río Lampa aguas abajo, luego del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025?
- ¿Cómo varía la calidad del agua del río Lampa en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Fernández y Guardado (2021), llevaron a cabo una investigación exhaustiva con el objetivo principal de evaluar la calidad hídrica del río Cabaña, ubicado en la subcuenca Moa de Holguín, Cuba. Para ello, aplicaron rigurosamente el Índice de Calidad del Agua superficial (ICAsup), una metodología establecida por Montoya y Contreras. El estudio comprendió un análisis detallado de la composición físico-química y bacteriológica del agua, basado en la recolección de muestras en veinte puntos estratégicamente distribuidos a lo largo del río durante los años 2017 y 2018, abarcando tanto la temporada de lluvias como la de sequía. Mediante el cálculo individualizado del ICAsup para cada punto y fecha de muestreo, los resultados obtenidos evidenciaron un deterioro progresivo de la calidad del agua a medida que el río discurre desde las zonas altas hacia la parte baja de la subcuenca. Adicionalmente, se identificó que una proporción significativa de la carga contaminante que afecta al río tiene su origen en efluentes industriales, residuos domésticos y descargas de sistemas de alcantarillado, cuya magnitud supera la capacidad natural de autodepuración del ecosistema fluvial.

Cedeño (2020), llevó a cabo una investigación de tipo experimental descriptiva, centrada en el análisis exhaustivo de los parámetros de calidad de las descargas de aguas residuales provenientes del efluente del mar muerto en el cantón Manta, Ecuador. Para comprender la variabilidad diurna de estos parámetros, se implementó un muestreo compuesto. Se siguieron rigurosos procedimientos estandarizados durante la toma y el análisis de las muestras en laboratorio, con especial atención al tipo de muestra, al intervalo temporal entre la recolección y el análisis, así como a las condiciones óptimas de almacenamiento y transporte para prevenir cualquier alteración. La comparación de los resultados obtenidos con los límites permisibles establecidos en la normativa TUSLMA 2015 reveló que, al contrastar el lote #1 y el lote #2, los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la de Química (DQO), junto a los Sólidos Suspendedos Totales y el Cloruro excedieron los umbrales de tolerancia definidos por dicha normativa. En

cuanto al análisis de metales pesados, se observó que ambos lotes cumplieron con los estándares, a excepción del manganeso. El punto de muestreo ubicado en la desembocadura del efluente presentó el mayor grado de contaminación. En base a estos hallazgos, la investigación concluyó que la implementación de una planta de tratamiento para las aguas residuales de este efluente representaría una medida crucial para la mitigación de la contaminación hídrica.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Salazar (2020), realizó una evaluación sobre el impacto de las aguas residuales en la calidad hídrica del río Tarma, mediante el análisis longitudinal de diversos parámetros. Los resultados obtenidos revelaron lo siguiente: a) En cuanto a los parámetros físicos, el pH y la °C se mantuvieron dentro de los límites permisibles, indicando que estos factores no comprometían la calidad del agua del río. b) Respecto a los parámetros físico-químicos, se observó una desviación negativa significativa en los niveles de OD en la zona urbana de dicha ciudad, atribuible a la descarga de aguas residuales, ya que la disminución de oxígeno disuelto afecta negativamente la calidad del agua e inhibe su capacidad de autodepuración. La CE y los SST se encontraron dentro de los rangos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) de categoría 3. No obstante, la Demanda Biológica de Oxígeno experimentó un incremento significativo en sus valores, producto de las diversas fuentes de contaminación provenientes de las aguas residuales que recibe el río Tarma. c) En relación con el parámetro biológico, los niveles de CF mostraron concentraciones considerablemente elevadas a lo largo de todo el período de monitoreo, lo que evidencia una afectación significativa de la calidad del agua del mencionado río.

Barreto (2020), investigó la repercusión de los vertidos de aguas residuales en la contaminación del río Huallaga, en la provincia de Huánuco, durante el año 2019. El estudio se centró en la cuenca del río, donde se tomaron tres muestras de agua en puntos clave: aguas arriba (M01), en la zona de mezcla de los vertidos (M02) y aguas abajo (M03). Los análisis revelaron un incremento notable en diversos indicadores de

contaminación en la zona de mezcla y aguas abajo en comparación con la zona aguas arriba. Específicamente, se observaron elevadas concentraciones de bacterias Coliformes totales, *Escherichia coli* y bacterias termotolerantes, así como un aumento en la turbiedad, la conductividad y los sólidos totales disueltos. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) también mostraron alteraciones significativas. Estos hallazgos llevaron a la conclusión de que la descarga directa de aguas residuales a través de dos tuberías identificadas es la causa principal de la alteración de la calidad del agua de dicho río.

Olivares (2022), realizó una evaluación de la calidad del agua en tres ubicaciones clave de una corriente hídrica: antes de la descarga de aguas residuales (VARD-01), en la zona de descarga (VARD-02) y después de la descarga (VARD-03). Se analizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos, cuya distribución normal se confirmó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y se encontró que cumplían con los estándares de calidad ambiental para agua (ECA-agua D.S.-N°004.2017-MINAM) para la categoría C3, aplicable al riego de vegetales y al consumo animal. La comparación estadística de los datos se llevó a cabo utilizando la prueba t-Student para color, oxígeno disuelto y DQO, y la prueba de los signos para coliformes termotolerantes. Los resultados de estas pruebas, con un nivel de significancia del 5%, indicaron que no hubo diferencias significativas en el color y la DQO entre los puntos de muestreo, mientras que sí se encontraron diferencias en el oxígeno disuelto. De manera similar, no se encontraron diferencias significativas en los niveles de coliformes termotolerantes. El análisis comparativo entre los tres puntos de muestreo permitió identificar que la descarga de aguas residuales del poblado es la principal fuente de contaminación. Además, se observó la presencia de residuos sólidos y animales muertos en el río, lo que agrava aún más la problemática de la calidad del agua. Huamaní (2023), realizó un estudio longitudinal de tipo no experimental con el objetivo de evaluar el impacto del vertimiento de aguas residuales tratadas por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en la calidad del agua del río Mollebamba, ubicado en el distrito de Juan Espinoza Medrano. La investigación se centró en tres

puntos de monitoreo a lo largo del cauce del río: uno correspondiente al punto de vertimiento de la PTAR (P2), otro aguas arriba (RMoll1) y un tercero aguas abajo (RMoll3). Como instrumentos de análisis se emplearon los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP). Los resultados obtenidos evidenciaron que la concentración de coliformes termotolerantes aguas arriba fue de 3 500 NMP/100 mL en abril, aumentando a 5 400 NMP/100 mL aguas abajo en el mismo mes; en mayo y junio los valores alcanzaron 3 500 y 17 000 NMP/100 mL respectivamente, superando los valores establecidos por los ECA. Asimismo, los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) también sobrepasaron los límites permitidos, registrando 13.71 mg/L aguas arriba y 18.5 mg/L aguas abajo. En cuanto a las aguas residuales vertidas, los coliformes termotolerantes alcanzaron concentraciones de 35 000 000, 5 400 000 y 9 200 000 NMP/mL en abril, mayo y junio respectivamente, mientras que la DBO5 presentó un valor de 104.3 mg/L en junio, excediendo los LMP.

Chancari (2024), llevó a cabo un estudio de tipo aplicado, con nivel explicativo y diseño no experimental, con el propósito de determinar los niveles de contaminación en las aguas residuales de Huancavelica y su influencia sobre la calidad del agua del río Ichu. En las aguas residuales se registraron temperaturas entre 12 °C y 16 °C, valores de pH entre 8.7 y 9.2, DBO entre 72 y 99 mg/L, DQO de 99 a 154 mg/L, coliformes termotolerantes entre 2 200 y 9 800 NMP/100 mL, y sólidos suspendidos totales de 76 a 144 mg/L. En cuanto a la calidad del agua del río, se obtuvieron temperaturas similares (12–16 °C), conductividad eléctrica de 402 a 579 $\mu\text{S}/\text{cm}$, color de 6 a 19 Pt/Co, pH de 8.8 a 9.4, oxígeno disuelto de 5 a 7.4 mg/L, DBO5 de 25 a 95 mg/L, aceites y grasas entre 14 y 34 mg/L, y coliformes termotolerantes de 2 200 a 3 400 NMP/100 mL. Los resultados evidencian que los parámetros analizados en el agua del río han sido significativamente alterados por las descargas de aguas residuales, concluyéndose que estas influyen negativamente en la calidad del recurso hídrico.

Chavez (2024), evaluó la calidad del agua del río Cunas, ubicado en el distrito de Chupaca (Junín), mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos como pH, DBO5,

DQO, y microbiológicos como coliformes totales, comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). El estudio empleó el software ArcGIS para la elaboración de mapas y tomó muestras de 250 mL por punto. En los seis puntos de muestreo, los resultados variaron de la siguiente manera: el pH osciló entre 7.7 y 8.48; la DBO5 entre 2 y 6.53 mg/L; la DQO entre 4 y 15.37 mg/L; y los coliformes totales desde 1.1 hasta 943.3 x10 NMP/100 mL. Aunque se identificó una influencia de las descargas de aguas residuales urbanas e industriales sobre la calidad del río, se concluyó que el nivel de afectación no alcanza valores críticos, manteniéndose dentro de rangos aceptables en la mayoría de los puntos analizados.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Huayta (2020), llevó a cabo una evaluación de la calidad del agua del río Cabanillas entre enero y marzo de 2019, a fin de determinar el impacto de los vertimientos de aguas residuales domésticas provenientes de las poblaciones de Cabanillas y Cabanilla. Para ello, se establecieron cinco puntos de monitoreo a lo largo del cauce. Los resultados mostraron que el Índice de Calidad del Agua (ICA) osciló entre 62.67 y 67.19, clasificado como inadecuado para consumo humano, levemente contaminado para usos agrícolas e industriales, y aceptable para pesca y recreación. Además, los parámetros de DBO5 (118 y 179 mg/L), DQO (210 y 211 mg/L) y coliformes fecales ($1.90E+04$ y $1.93E+04$ NMP/100 mL) superaron ampliamente los Límites Máximos Permisibles (LMP), lo que evidencia una alta carga contaminante en los vertimientos y una deficiente infraestructura de tratamiento. En consecuencia, se concluye que el río Cabanillas presenta una calidad de agua comprometida a lo largo de todo su trayecto, especialmente en las zonas de vertimiento de aguas residuales.

Mendo (2025), efectuó un estudio técnico con el fin de determinar el nivel de eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Lampa, ubicada en la región Puno, correspondiente al año 2024. El análisis se centró en diversos parámetros de calidad tanto del afluente como del efluente tratado, comparándolos con los Límites Máximos Permisibles (LMP) vigentes. Los resultados indicaron que ciertos parámetros

como el pH (registrado en 7.26), los sólidos suspendidos totales (SST), que pasaron de 160 mg/L en el afluente a 101 mg/L en el efluente, así como las concentraciones de aceites, grasas y coliformes termotolerantes, se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la normativa. Sin embargo, se detectaron deficiencias significativas en la remoción de materia orgánica, ya que los valores de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) fueron de 520 mg/L en el afluente y 320 mg/L en el efluente, mientras que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) alcanzó los 208 mg/L y 128 mg/L respectivamente, excediendo en ambos casos el límite permitido de 100 mg/L. Esta situación refleja que, si bien la PTAR de Lampa cumple de manera adecuada con ciertos indicadores de tratamiento, aún enfrenta retos importantes en la eliminación eficiente de carga orgánica, lo cual podría generar procesos de eutrofización si no se implementan mejoras estructurales o tecnológicas adicionales. Se concluye que la planta muestra una eficiencia moderadamente alta en ciertos aspectos, pero requiere optimización en su sistema de tratamiento para garantizar una descarga ambientalmente segura y sostenible.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua del río Lampa, considerando el vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en el año 2025.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar la calidad del agua del río Lampa aguas arriba del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa, en 2025.
- Determinar la calidad del agua del río Lampa en el punto de vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa, en 2025.
- Determinar la calidad del agua del río Lampa aguas abajo del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa, en 2025.

- Analizar la variación de la calidad del agua del río Lampa en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. EL AGUA.

El agua es una sustancia química esencial cuya molécula está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, lo que le da su conocida fórmula H_2O . Esta puede encontrarse en la naturaleza en tres estados físicos: sólido, líquido y gaseoso (López et al., 2005). Gracias a su capacidad para disolver una gran variedad de sustancias, se le denomina el disolvente universal. Debido a esta propiedad, es prácticamente imposible hallarla en su forma pura en el medio natural, ya que en su tránsito a través del ciclo hidrológico va arrastrando y disolviendo distintos elementos. Por esta razón, incluso en zonas alejadas de fuentes de contaminación directa, el agua contiene tanto compuestos orgánicos como inorgánicos (Fernández, 2012).

Además, el agua es un recurso natural renovable pero a la vez sumamente frágil, cuya disponibilidad y calidad son indispensables para la existencia de la vida en el planeta. Su gestión adecuada se vuelve estratégica para el desarrollo sostenible de cualquier nación, ya que permite mantener el equilibrio de los sistemas naturales que la sostienen. Asimismo, garantizar el acceso y la calidad del agua es un pilar fundamental para asegurar la estabilidad social, económica y ecológica de un país, siendo sin duda uno de los elementos más importantes para la supervivencia del planeta (Villena, 2018).

2.1.2. EL AGUA SUPERFICIAL.

En el Perú, la disponibilidad de aguas superficiales es relativamente abundante en comparación con otros países, sin embargo, su distribución es sumamente desigual a lo

largo del territorio nacional. Esta disparidad se agrava aún más debido a la deteriorada calidad del recurso, causada principalmente por la insuficiencia en el tratamiento de las aguas residuales domésticas. El vertido directo de estas aguas sin tratar en ríos y lagos, junto con la inadecuada gestión de los residuos sólidos, contribuye significativamente al deterioro de la calidad de las aguas superficiales, afectando ecosistemas y la salud pública (ANA, 2024).

- **Aguas lóaticas:** son aquellas que se encuentran en constante movimiento, desplazándose en una sola dirección, como es el caso de los ríos, manantiales, riachuelo y arroyos. Este movimiento continuo influye en la dinámica y calidad de estos cuerpos de agua, y es fundamental para el equilibrio ecológico y la distribución de nutrientes (López, 1990).

2.1.3. CALIDAD DEL AGUA

Respecto a la calidad del agua, el Perú posee la mayor reserva hídrica de América Latina y se encuentra entre los 20 países con mayor disponibilidad de agua dulce a nivel mundial. Sin embargo, esta abundancia no se traduce en igualdad de acceso para toda la población. Solo el 1.8 % del agua disponible se destina para el 65 % de la población que vive en la costa peruana, mientras que el 97.7 % se concentra en la cuenca amazónica, habitada por el 30 % de la población, y el 0.5 % restante corresponde a la región de la vertiente del Titicaca, que alberga al 5 % de los habitantes del país (Sanches, 2015).

Este desequilibrio genera una alta demanda sobre los recursos hídricos, que sumado a diversos factores contaminantes afecta seriamente la calidad del agua. La contaminación del agua en el Perú representa un reto importante para la gestión sostenible del recurso, ya que impacta negativamente la salud de la población y la integridad de los ecosistemas.

2.1.4. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA

- Las fuentes de contaminación del agua pueden clasificarse en dos grandes grupos, según su origen y forma de descarga (OXFAM, 2016):
 - Puntuales: corresponden a las aguas negras municipales, que resultan de la combinación de efluentes domésticos e industriales vertidos directamente al sistema

de alcantarillado. Estos puntos de descarga son localizados y controlables, ya que provienen de lugares específicos como plantas de tratamiento o desagües industriales autorizados.

- No puntuales o difusas: se originan a partir del escurrimiento superficial proveniente de actividades agrícolas, ganaderas, urbanas y de la deposición atmosférica. Estas aguas contaminadas recorren la superficie del terreno a través de la esorrentía, hasta llegar a cuerpos de agua cercanos, provocando una contaminación más difícil de controlar.
- En cuanto a la composición de los contaminantes, se identifican cuatro categorías principales: químicos inorgánicos, como los iones de metales pesados y desechos metalúrgicos; químicos orgánicos, que incluyen materia biodegradable, plásticos, hidrocarburos, fenoles y plaguicidas; contaminantes físicos, tales como la radioactividad y los cambios térmicos; y contaminantes biológicos, que comprenden bacterias y otros microorganismos patógenos (AQUAE, 2021).
- Natural: ocurre debido a procesos propios de la naturaleza, donde elementos presentes en la biosfera, litosfera y geosfera pueden generar impactos ambientales adversos. Este tipo de contaminación está relacionada con el equilibrio dinámico del planeta, la actividad geofísica y las fases del ciclo hidrológico (García, 2009).
- Antropogénica o artificial: es producto de las actividades humanas y su interacción con el medio ambiente. Estas acciones generan sustancias y modificaciones en las concentraciones naturales de elementos presentes en el agua, alterando su composición y provocando efectos negativos en los ecosistemas y en la salud humana (Sierra, 2011).

2.1.5. EFECTOS DE CONTAMINACIÓN DE AGUA DE RÍO

Los ríos poseen una capacidad natural de recuperación, lo que les permite asimilar ciertas cantidades de aguas residuales sin comprometer su equilibrio. Sin embargo, cuando dicho umbral se supera por la descarga excesiva de fertilizantes u otros desechos industriales, se desencadenan múltiples efectos negativos. Uno de los más notorios es la

proliferación acelerada de bacterias, algas, hongos, microorganismos y vegetación acuática, los cuales consumen rápidamente el oxígeno disuelto en el agua. Este fenómeno da lugar a la eutrofización, un proceso que desequilibra el ecosistema fluvial, ocasionando la muerte de especies acuáticas y la destrucción de su hábitat natural (Sierra, 2011). Estas sustancias no solo afectan inmediatamente a los organismos vivos, sino que también se acumulan en los sedimentos del fondo del río y en los suelos de su cuenca. Con el tiempo, esto provoca efectos a largo plazo como la muerte de fauna, la infertilidad del terreno e incluso mutaciones genéticas en los animales que consumen vegetación contaminada. En cuanto a los seres humanos, el riesgo es igual de preocupante. El consumo de agua contaminada o de alimentos cultivados o criados en zonas afectadas por la contaminación fluvial puede tener consecuencias severas para la salud, como enfermedades crónicas, trastornos neurológicos y daños irreversibles a órganos vitales. Por ello, la protección de los cuerpos de agua dulce es una prioridad ambiental y de salud pública (Escobar, 2002).

2.1.6. LAS AGUAS RESIDUALES.

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), las aguas residuales son aquellas que han sufrido modificaciones en sus características originales debido a la intervención humana o actividad antropogénica. Por su calidad, estas aguas requieren de un tratamiento previo antes de ser reutilizadas, vertidas en cuerpos naturales de agua o descargadas en sistemas de alcantarillado, con el fin de minimizar su impacto ambiental (Valencia, 2016).

Las aguas residuales se dividen en varias categorías, cada una con características específicas:

- Aguas residuales urbanas: provienen principalmente de actividades domésticas y humanas, y se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica. Sus características son las siguientes:
 - Características: temperatura, el pH, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno amoniacal,

nitratos, fosfatos totales y nitrógeno total, todos ellos determinantes para su análisis y tratamiento (Chiva et al., 2018).

- Aguas residuales industriales: se generan en procesos productivos y de refrigeración propios de la industria. Estas aguas contienen contaminantes específicos como microbios patógenos, metales pesados (incluyendo mercurio y plomo), materia orgánica persistente, pesticidas, fertilizantes y sedimentos en suspensión, que pueden ser altamente perjudiciales para el medio ambiente si no son adecuadamente tratados (Bostanian, 2022).
- Aguas residuales mixtas: son la combinación de las aguas residuales urbanas e industriales. La mezcla de estos dos tipos de aguas puede alterar la composición química y biológica original, complicando su tratamiento debido a la variedad y concentración de contaminantes presentes.
- Aguas residuales pluviales: son aquellas generadas por la escorrentía de las precipitaciones. Estas aguas arrastran diversos contaminantes presentes en las superficies donde caen, como polvo de ladrillo, esporas, vegetales, entre otros. Su presencia se observa comúnmente en techos, calles, jardines y parques, representando un importante factor de contaminación en áreas urbanas (Vieira, 2002).

2.1.7. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR AGUAS RESIDUALES

El vertimiento de aguas residuales sin tratamiento previo en los cuerpos de agua representa una de las principales causas de deterioro ambiental. Cuando estas aguas contaminadas ingresan directamente a ríos, lagos o quebradas, sus componentes se diluyen parcialmente en el cuerpo receptor y son transportados aguas abajo, extendiendo la contaminación a lo largo del curso fluvial. En otros casos, estas aguas pueden filtrarse hacia los acuíferos subterráneos, lo que compromete no solo la calidad sino también la disponibilidad de fuentes de agua dulce para el consumo humano, la agricultura y otros usos esenciales (Bonifaz, 2018).

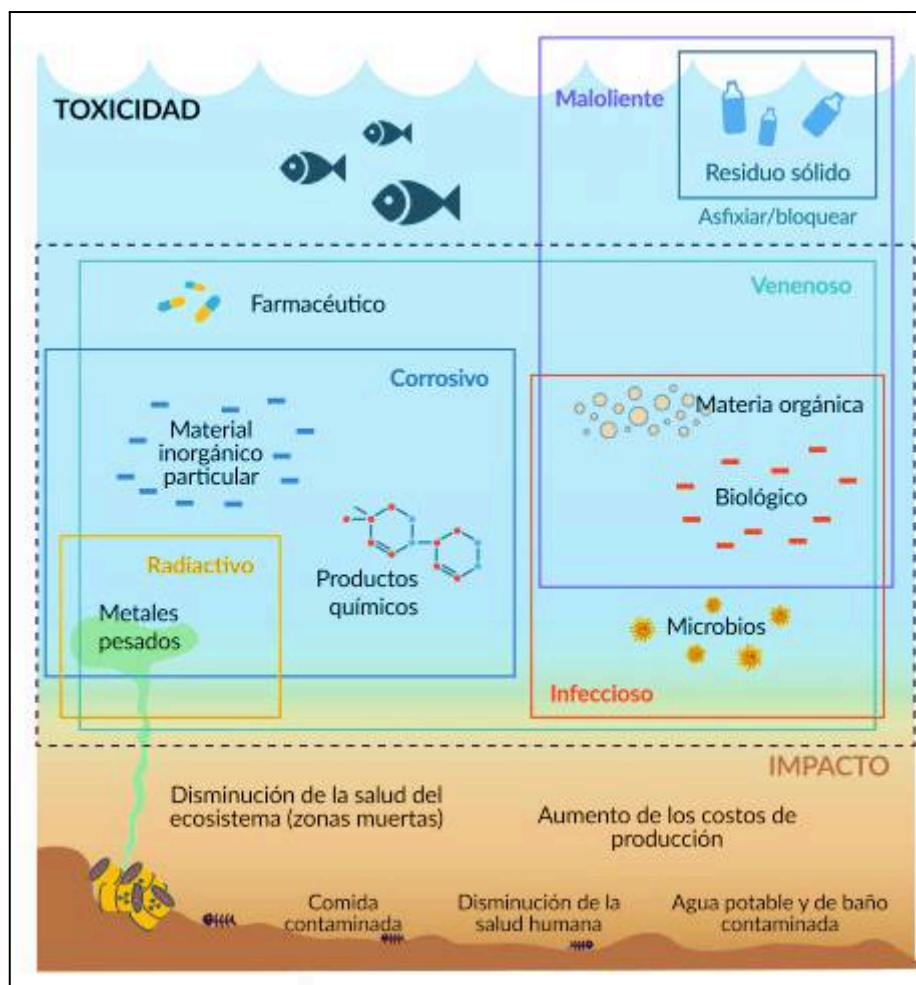


Figura 01: Contaminantes y sustancias químicas peligrosas presentes en las aguas residuales y sus efectos en el ambiente.

Fuente: (Bonifaz, 2018).

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

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), tanto en su versión industrial (PTARI) como doméstica (PTARD), representan un elemento clave para la protección de los ecosistemas y la preservación del recurso hídrico. A lo largo del tiempo, se han perfeccionado los procesos y tecnologías empleadas para el tratamiento de aguas residuales, permitiendo no solo depurarlas, sino también recuperar valiosos recursos presentes en los residuos generados. Estas innovaciones han revalorizado el agua usada, otorgando un papel estratégico al tratamiento dentro del desarrollo sostenible (SPENA GROUP, 2016).

Una PTAR tiene como finalidad depurar las aguas usadas, eliminando sus contaminantes, de forma que puedan ser devueltas al entorno natural sin representar un riesgo para los ecosistemas ni para la salud humana. Este proceso convierte el agua residual en un recurso reutilizable o seguro para su reintegración (Alfárez & Nieves, 2019).

- Entre sus funciones principales está la remoción de sólidos, que pueden incluir desde elementos grandes como plásticos, trapos y restos orgánicos, hasta partículas finas como arena o sedimentos..
- Otra función fundamental es la reducción de materia orgánica y contaminantes mediante la acción de microorganismos naturales, los cuales descomponen estos residuos. Posteriormente, dichos microorganismos son separados del agua, garantizando su limpieza.
- Finalmente, el tratamiento busca restituir los niveles adecuados de oxígeno en el agua tratada.

2.1.9. ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL – ECA AGUA

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua es una herramienta fundamental de la gestión ambiental en el Perú, formalmente establecida mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Esta norma recoge y actualiza los criterios técnicos de decretos anteriores, como el N.º 002-2008-MINAM, el N.º 023-2009-MINAM y el N.º 015-2015-MINAM, con el fin de consolidar una referencia oficial sobre los límites permitidos de sustancias en cuerpos de agua. El ECA Agua tiene como objetivo principal establecer los niveles máximos admisibles de concentración de diversos elementos y parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentes en el agua, considerada como cuerpo receptor. Su aplicación permite determinar la calidad ambiental del recurso hídrico, orientando las acciones de monitoreo, control y fiscalización ambiental. Asimismo, contribuye significativamente a la protección de los ecosistemas acuáticos y la salud pública, al prevenir que las actividades humanas generen contaminación que sobrepase los niveles seguros 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: es el conjunto de elementos naturales, biológicos y artificiales que rodean a los seres vivos y permiten su existencia. Incluye factores como el aire, el agua, el

suelo y los seres vivos, todos interactuando en equilibrio. Este entorno determina las condiciones necesarias para la vida y su calidad. Su conservación es esencial para garantizar el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

- **Antropogénico:** se refiere a los impactos o alteraciones al medio ambiente causados por la actividad humana. Estos efectos suelen manifestarse en forma de contaminación por residuos físicos, químicos o biológicos generados por la industria, el transporte, la agricultura u otras actividades económicas. El término destaca la responsabilidad del ser humano en el deterioro ambiental.
- **Agente:** es cualquier sustancia o elemento físico, químico o biológico que puede causar efectos adversos en los seres vivos o en el ambiente. Estos agentes pueden actuar de forma individual o combinada, provocando daños.
- **Aguas residuales:** son aquellas aguas que han sido utilizadas en actividades humanas, tanto domésticas como industriales o comerciales, y que han sufrido una alteración en su composición. Estas aguas contienen contaminantes que pueden afectar la salud y el ambiente.
- **Aguas superficiales:** corresponden a las aguas que se encuentran en la superficie terrestre, como ríos, lagunas, lagos y manantiales. Su origen puede ser la precipitación pluvial que no se infiltra en el suelo ni se evapora, o el afloramiento de aguas subterráneas.
- **Aguas negras:** estas aguas provienen de desechos cloacales y contienen residuos orgánicos como heces, orina y otros materiales biodegradables. Se generan principalmente en los hogares, hospitales y sistemas de alcantarillado, y representan un alto riesgo sanitario si no se tratan adecuadamente.
- **Aguas grises:** Son aguas domésticas usadas en actividades como el lavado de ropa, vajilla o la ducha, pero que no contienen excrementos ni orina. Aunque están contaminadas, su nivel de polución es menor que el de las aguas negras, por lo que pueden ser tratadas y reutilizadas, por ejemplo, en el riego de jardines.

- **Biota:** es el conjunto de todos los seres vivos que habitan un ecosistema determinado, incluyendo animales, plantas, hongos y microorganismos.
- **Calidad:** se refiere a la capacidad de un bien o servicio de cumplir con ciertos requisitos que satisfacen necesidades específicas, ya sean implícitas o explícitas. En el contexto ambiental, implica el cumplimiento de estándares técnicos que aseguren que el aire, el agua o el suelo no representan un riesgo para la salud ni para el medio natural.
- **Cianobacteria:** son microorganismos fotosintéticos del reino Monera que producen oxígeno y forman parte importante de los ecosistemas acuáticos. También conocidas como algas verdeazules, pueden proliferar excesivamente cuando hay abundancia de nutrientes.
- **Contaminación ambiental:** es la alteración nociva del medio ambiente causada por la presencia o el aumento de agentes contaminantes físicos, químicos o biológicos en concentraciones superiores a las naturales. Esta alteración afecta el equilibrio ecológico y puede tener consecuencias negativas.
- **Contaminante:** es una sustancia que, al introducirse en un medio natural, altera sus condiciones normales y produce efectos perjudiciales en los ecosistemas o en la salud humana. Puede ser de origen físico, químico o biológico, y su impacto depende de la concentración, persistencia y toxicidad.
- **Cuerpo de agua:** es toda acumulación natural de agua que forma parte del ciclo hidrológico. Estos cuerpos pueden ser superficiales o subterráneos, y cumplen funciones ecológicas, sociales y económicas.
- **Estándar de Calidad Ambiental:** es un valor de referencia que establece los límites permisibles de ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos en los elementos del ambiente como el agua, el aire o el suelo. Su propósito es prevenir riesgos a la salud humana y al entorno natural.
- **Efluente:** es un flujo líquido, generalmente residual, que sale de un sistema o proceso industrial, agrícola o doméstico.

- **Eutrofización:** es un proceso provocado por el exceso de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, en cuerpos de agua, lo que causa un crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas. Al morir, estas plantas se descomponen y consumen el oxígeno disuelto, generando condiciones anóxicas que afectan gravemente a la fauna y flora acuáticas.
- **Escorrentía:** es el agua de lluvia que fluye sobre la superficie del terreno cuando el suelo ya no puede absorber más. Esta corriente puede arrastrar contaminantes, sedimentos y nutrientes hacia los cuerpos de agua, contribuyendo a su contaminación.
- **Parámetro:** es una variable medible utilizada para evaluar la calidad del agua, aire o suelo. En el contexto hídrico, ejemplos de parámetros comunes incluyen el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes y concentraciones de nutrientes.

2.3. MARCO NORMATIVO

- **Ley General del Ambiente - Ley N° 28611 (15.10.2005):** Norma base del sistema legal ambiental peruano, que establece principios y deberes generales para la protección del ambiente y el desarrollo sostenible.
- **Ley de Recursos Hídricos - Ley N° 29338 (30.03.2009):** Regula el aprovechamiento, conservación y gestión integrada de los recursos hídricos en el país.
- **Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos - D.S. N° 001-2010-AG (23.03.2010):** Desarrolla los procedimientos y mecanismos para aplicar la Ley de Recursos Hídricos.
- **Reglamento de Organización y Funciones de la ANA - D.S. N° 006-2010-AG (08.07.2010):** Define la estructura y funciones de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para la gestión de los recursos hídricos.
- **D.S. N° 023-2009-MINAM (19.12.2009):** Establece disposiciones para aplicar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua en el país.

- **D.S. N° 015-2015-MINAM (19.12.2016):** Aprueba los nuevos Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua, con criterios actualizados de calidad.
- **D.S. N° 004-2015-PRODUCE (23.02.2015):** Reglamento que organiza y define las funciones del Instituto Nacional de Calidad (INACAL), ente rector del sistema nacional de calidad.
- **Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (11.01.2016):** Establece el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales en el Perú.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua del río Lampa se contamina debido al vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en el año 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Lampa, aguas arriba del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa, no cumple con el ECA categoría 3.
- La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Lampa, en el punto de vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa, no cumple con el ECA del agua en su categoría 3.
- La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Lampa, aguas abajo del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa, no cumple con el ECA categoría 3.
- Existe variación significativa de la calidad del agua del río Lampa en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra en la ciudad de Lampa, la cual es una provincia del departamento de Puno, en el sur del Perú. Según el censo de 2017, tiene una población de 40 856 habitantes, limita por el norte con la provincia de Melgar, por el este con la provincia de Azángaro, por el sur con la provincia de San Román y por el oeste con los departamentos de Arequipa y Cusco.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1 Población.

Río Lampa: El río Lampa es un curso de agua de importancia hidrográfica ubicado en la provincia de Lampa, región Puno, en el sur del Perú. Nace en las alturas de la cordillera andina y forma parte de la subcuenca del río Ramis, dentro de la cuenca hidrográfica del sistema Titicaca. A lo largo de su recorrido, el río atraviesa zonas urbanas, agrícolas y ganaderas, cumpliendo funciones vitales como el abastecimiento de agua para riego, el sostenimiento de la biodiversidad local y, en menor medida, para el uso doméstico en comunidades aledañas. Por ello, el río Lampa no solo constituye un recurso hídrico de valor estratégico para el desarrollo local, sino también un ecosistema vulnerable que requiere una gestión integral, sostenible y basada en evidencia científica.

Características de la cuenca del río Lampa

- Tiene una superficie de 1,634.8 km²
- El curso principal del río mide 81.2 km
- En épocas de avenidas, el río desborda e inunda la parte baja de la cuenca

- En épocas de estiaje, hay escasez de agua para regar

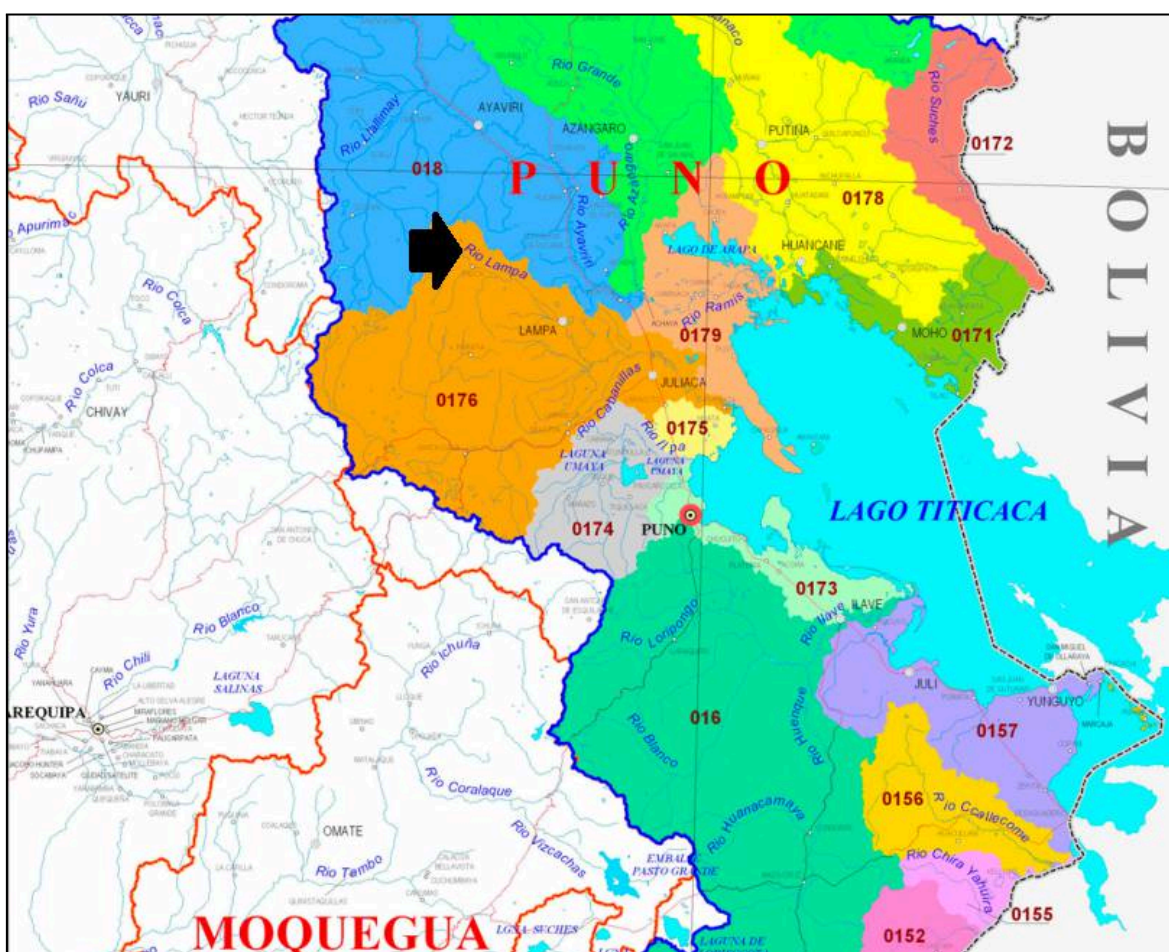


Figura 03: Ubicación del río Lampa en la red hidrográfica de Puno.

Muestra.

Las muestras fueron simples y puntuales, recolectadas en un solo determinado tiempo, de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, donde se recomienda una toma de muestras en tres puntos, antes del vertimiento M°01, en el punto de vertimiento M° 02 y después del vertimiento M°03, ante lo mencionado se presenta la siguiente tabla para una mejor explicación.

Tabla 01: Ubicación de los puntos de muestreo.

Denominación	Ubicación Coordenadas UTM	Descripción
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



Figura 04: Ubicación de las muestras en el río Lampa.

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, puesto que los muestreos realizados nos condujeron a los análisis respectivos de cada uno de los parámetros físico químicos y bacteriológicos del agua del Río Lampa.

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.

Equipos de laboratorio, GPS, multiparámetro, frascos de vidrio, agua destilada, cooler, cinta de embalaje, laptop, 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 Lampa aguas arriba, antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025.

- Técnica: Muestreo puntual de agua superficial.
- Instrumentos: recipientes estériles, ficha de identificación del punto (Anexo 03), cadena de custodia (Anexo 04).
- Parámetros evaluados: Físicoquímicos y microbiológicos.
- Ubicación del muestreo: Aproximadamente 150 metros aguas arriba del punto de descarga de la PTAR, en un tramo sin influencias antrópicas directas.
- Frecuencia: Una vez.

Objetivo Específico 2: Determinar la calidad del agua del río Lampa en el punto de vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025.

- 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 la zona de confluencia de las aguas residuales tratadas con el cauce del río.
- Frecuencia: Una vez.

Objetivo Específico 3: Determinar la calidad del agua del río Lampa aguas abajo, luego del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025.

- Técnica: Muestreo puntual.
- Instrumentos: recipientes estériles, ficha de identificación del punto (Anexo 03), cadena de custodia (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 Lampa en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025.

- 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 el río Lampa	Parámetros Químicos	Cloruros
		Nitratos
		Nitritos
		Aceites y grasas
	Parámetros	Coliformes totales
	Microbiológicos	Coliformes termotolerantes

3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el tratamiento de los datos obtenidos en la investigación, se utilizó la técnica del análisis estadístico, con el propósito de evaluar de manera objetiva las variaciones en la calidad del agua del río Lampa. Como instrumentos de apoyo se emplearon software estadísticos, tales como SPSS, Excel u otros similares, los cuales permitieron organizar, procesar y representar los datos con precisión.

El procedimiento contempló la comparación de los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo: aguas arriba, punto de vertimiento y aguas abajo. Para determinar si existían diferencias significativas entre estos puntos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de Tukey como método de comparación múltiple, lo que permitió identificar los puntos con mayores alteraciones en la calidad del agua.

Finalmente, los resultados fueron interpretados conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, lo que permitió valorar si los niveles registrados se encontraban dentro de los rangos permisibles para cuerpos de agua destinados a los diferentes usos definidos por la normativa nacional.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LAMPA AGUAS ARRIBA DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR DEL DISTRITO DE LAMPA, EN 2025.

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 ⁻²)	mg/l	84	1000	1000
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.01	100	100

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ECA Cat. 3	
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

El análisis de la calidad del agua en el punto aguas arriba del vertimiento, conforme a los resultados presentados en la Tabla 03, demuestra que los valores obtenidos para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se encuentran dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3, orientada a usos de riego de vegetales y bebida de animales. El valor del pH fue de 7.53, ubicándose dentro del rango permitido de 6.5 a 8.5 para riego y de 6.5 a 8.4 para bebida de animales, lo cual indica que no existen alteraciones significativas en la acidez o alcalinidad del agua. La conductividad eléctrica registrada fue de 0.15 mS/cm, muy por debajo del límite de 2.5 mS/cm para riego y 5.0 mS/cm para bebida de animales, lo que indica una baja concentración de sales disueltas. Asimismo, la temperatura fue de 13.5 °C, dentro del rango permitido de variación máxima de ± 3 °C respecto a la temperatura natural del cuerpo receptor.

En cuanto a los parámetros químicos, los sólidos disueltos totales presentaron un valor de 0.07 g/l, que aunque no tiene un valor referencial establecido por el ECA para esta categoría, se considera bajo y no representa riesgo. La dureza total (110.2 mg/l), la alcalinidad (110.9 mg/l), el calcio (21.28 mg/l) y el magnesio (13.75 mg/l) tampoco cuentan con límites normativos en esta categoría, pero sus niveles son moderados y compatibles con aguas superficiales sin alteración. Por otro lado, los cloruros (25.53 mg/l), los sulfatos (84 mg/l) y los nitratos (0.01 mg/l) estuvieron muy por debajo de sus

respectivos límites establecidos por el ECA, lo cual indica que no existe una contaminación química significativa en este punto de muestreo.

En cuanto al análisis microbiológico, los coliformes termotolerantes alcanzaron un valor de 59 NMP/100 ml, ubicándose muy por debajo del límite de 2000 NMP/100 ml para riego y 1000 NMP/100 ml para bebida de animales, lo que evidencia una baja presencia de contaminación fecal. Aunque los coliformes totales alcanzaron los 585 NMP/100 ml, este parámetro no cuenta con un valor de referencia específico en esta categoría, por lo que no puede calificarse como incumplimiento. Sin embargo, su concentración no es elevada en comparación con otros cuerpos de agua superficiales expuestos a impactos urbanos o agrícolas.

En resumen, los resultados del análisis del punto aguas arriba del vertimiento permiten concluir que la **calidad del agua cumple** con los estándares establecidos por el ECA – Categoría 3 para los usos considerados, lo que indica que el río, en este tramo, no presenta signos de contaminación relevante y mantiene condiciones adecuadas para su uso en riego de vegetales y bebida de animales.

4.2. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LAMPA EN EL PUNTO DE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR DEL DISTRITO DE LAMPA, EN 2025.

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

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ECA Cat. 3	
			D1. Riego de vegetales	D2. Bebida de animales
FÍSICOS				
pH		7.21	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				

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ECA Cat. 3	
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 a la tabla 04, en el punto correspondiente al vertimiento de aguas residuales al río Lampa, se observa una ligera variación en los valores de calidad del agua con respecto al punto aguas arriba, aunque en general los parámetros evaluados se mantienen dentro de los límites permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3, aplicables al riego de vegetales y bebida de animales.

En cuanto a los parámetros físicos, el valor del pH fue de 7.21, lo cual se encuentra dentro del rango permitido por el ECA (6.5 – 8.5 para riego y 6.5 – 8.4 para bebida de animales), indicando que no existe alteración significativa en el equilibrio ácido-base del agua. La conductividad eléctrica se elevó a 0.26 mS/cm, valor que, si bien es superior al registrado aguas arriba (0.15 mS/cm), sigue siendo considerablemente inferior a los límites establecidos (2.5 mS/cm para riego y 5.0 mS/cm para bebida de animales), reflejando una ligera mayor presencia de sales disueltas, pero aún dentro de lo aceptable.

Respecto a los parámetros químicos, se observa un incremento en los sólidos disueltos totales, con un valor de 0.13 g/l (frente a 0.07 g/l aguas arriba), aunque este parámetro no tiene un valor límite establecido por el ECA. Asimismo, se registró un aumento en la dureza total (133.0 mg/l) y la alcalinidad (133.08 mg/l), al igual que en los niveles de calcio (27.36 mg/l) y magnesio (15.58 mg/l). Si bien estos parámetros tampoco tienen límites normativos específicos en la categoría 3, sus valores siguen siendo compatibles con cuerpos de agua superficiales de uso múltiple, sin representar condiciones críticas. Los cloruros disminuyeron ligeramente a 22.69 mg/l y los sulfatos descendieron a 68 mg/l, ambos parámetros muy por debajo de los valores máximos permisibles (500 mg/l para cloruros en riego y 1000 mg/l para sulfatos en ambas aplicaciones). El contenido de nitratos fue de 0.02 mg/l, apenas superior al punto aguas arriba, pero igualmente muy por debajo del límite de 100 mg/l establecido para ambos usos.

En el aspecto microbiológico, se observa un leve incremento en las concentraciones de coliformes totales, alcanzando un valor de 650 NMP/100 ml (respecto a 585 NMP/100 ml aguas arriba), mientras que los coliformes termotolerantes llegaron a 64 NMP/100 ml, superando el valor anterior de 59 NMP/100 ml. A pesar de este aumento, ambos indicadores permanecen muy por debajo de los límites máximos establecidos por el ECA para coliformes termotolerantes (2000 NMP/100 ml para riego y 1000 NMP/100 ml para bebida de animales), lo que indica que no se ha generado aún una contaminación microbiológica significativa en este punto.

En resumen, los resultados del punto de vertimiento muestran una ligera alteración en varios parámetros respecto al punto aguas arriba, principalmente en temperatura y algunos indicadores químicos, aunque la mayoría de ellos se mantiene dentro de los valores aceptables según el ECA – Categoría 3. La excepción es la temperatura, que superó el umbral de variación permitido, lo que podría deberse al ingreso de aguas residuales más cálidas desde la PTAR. Este resultado indica que el vertimiento sí genera una influencia puntual sobre la calidad del agua, aunque en este punto dicha influencia aún no compromete de manera crítica su uso para riego y bebida de animales.

4.3. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LAMPA AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR DEL DISTRITO DE LAMPA, EN 2025.

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
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	13.68	NA	NA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	17.42	NA	250
MICROBIOLÓGICOS				

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ECA Cat. 3	
Coliformes totales	NMP/100ml	512	NA	NA
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	52	2000	1000

De acuerdo a la tabla 05, en el punto de muestreo ubicado aguas abajo del vertimiento de aguas residuales al río Lampa, se evidenció una recuperación parcial de la calidad del agua, con valores que reflejan condiciones similares a las observadas aguas arriba. Todos los parámetros evaluados se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por el ECA para la categoría 3, destinada al riego de vegetales y bebida de animales.

En cuanto a los parámetros físicos, el pH registrado fue de 7.48, perfectamente alineado con los rangos normativos de 6.5 a 8.5 para riego y 6.5 a 8.4 para bebida de animales, lo que indica estabilidad en la acidez del agua. La conductividad eléctrica fue de 0.15 mS/cm, igual al valor observado aguas arriba, y muy por debajo de los límites establecidos, lo que evidencia una baja concentración de sales disueltas. Por su parte, la temperatura fue de 14.0 °C, lo que representa una disminución respecto al punto de vertimiento (17.5 °C) y se encuentra dentro del margen de variación de ± 3 °C respecto a la temperatura natural, cumpliendo así con el parámetro exigido por la normativa.

En el análisis de los parámetros químicos, los sólidos disueltos totales fueron de 0.07 g/l, valor bajo y coincidente con el obtenido aguas arriba. La dureza total y la alcalinidad disminuyeron a 106.4 mg/l y 88.72 mg/l respectivamente, con una notable reducción frente a los valores del punto de vertimiento, aunque sin valores referenciales normativos que limiten estos parámetros. Los niveles de cloruros (17.02 mg/l) y sulfatos (80 mg/l) fueron considerablemente inferiores a los límites máximos (500 mg/l y 1000 mg/l, respectivamente), lo que confirma que no existe contaminación significativa por estas sustancias. Asimismo, la concentración de nitratos fue de 0.01 mg/l, en línea con los niveles naturales y muy por debajo del límite de 100 mg/l, lo que indica ausencia de

contaminación por fuentes nitrogenadas. Los niveles de calcio (13.68 mg/l) y magnesio (17.42 mg/l) se mantuvieron bajos y no presentan riesgo alguno, a pesar de no contar con valores límite en esta categoría.

En el aspecto microbiológico, se observó una reducción en las concentraciones de coliformes totales y termotolerantes, con valores de 512 NMP/100 ml y 52 NMP/100 ml, respectivamente. Ambos valores son inferiores a los observados en el punto de vertimiento y muy por debajo de los límites máximos establecidos para coliformes termotolerantes (2000 NMP/100 ml para riego y 1000 NMP/100 ml para bebida de animales), lo que sugiere un efecto de dilución y autodepuración natural del río al recibir el vertimiento.

En conjunto, los resultados obtenidos aguas abajo muestran que el río Lampa experimenta una leve recuperación en su calidad, con parámetros físico-químicos y microbiológicos que se mantienen dentro de los rangos permisibles del ECA – Categoría 3. Esto sugiere que, a pesar del impacto generado por el vertimiento, el cuerpo de agua posee cierta capacidad de asimilación, al menos en las condiciones evaluadas, sin llegar a comprometer sus usos para riego de vegetales y bebida de animales.

4.4. VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LAMPA EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE ANÁLISIS, DEBIDO AL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR DEL DISTRITO DE LAMPA – PUNO, EN 2025.

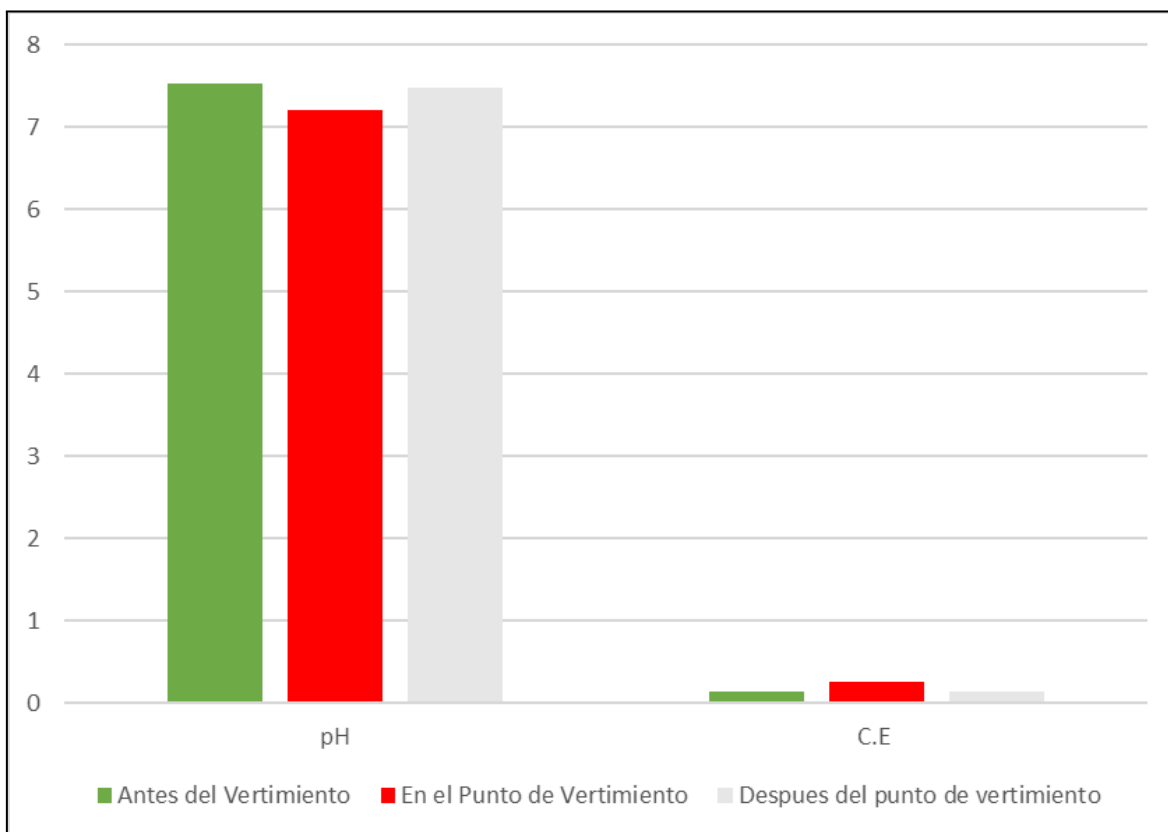


Figura 05: Variación de los parámetros físicos.

De acuerdo a la figura 05, en primer lugar, el **pH** mostró valores estables en los tres puntos, con una ligera variación. Aguas arriba del vertimiento se registró un pH de **7.53**, en el punto de vertimiento **7.21**, y aguas abajo **7.48**. Todos estos valores se mantienen dentro del rango permisible establecido por el ECA – Categoría 3 (6.5 – 8.5 para riego y 6.5 – 8.4 para bebida de animales). Sin embargo, la leve disminución del pH en el punto de vertimiento podría deberse a la descarga de aguas residuales con mayor carga orgánica o presencia de compuestos que alteran el equilibrio ácido-base del agua. Posteriormente, aguas abajo, el pH se recupera parcialmente, reflejando un proceso de auto depuración natural del río.

Respecto a la conductividad eléctrica, el valor fue de 0.15 mS/cm aguas arriba, incrementándose a 0.26 mS/cm en el punto de vertimiento, para luego disminuir

nuevamente a 0.15 mS/cm aguas abajo. Este patrón revela un aumento de la concentración de sales disueltas justo en el punto de descarga, producto de los residuos presentes en el vertimiento, seguido de una rápida dilución o asimilación de estos sólidos por el cuerpo receptor. Aunque todos los valores se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible del ECA (2.5 mS/cm para riego y 5.0 mS/cm para bebida de animales), el aumento puntual confirma que el vertimiento genera una alteración medible en este parámetro

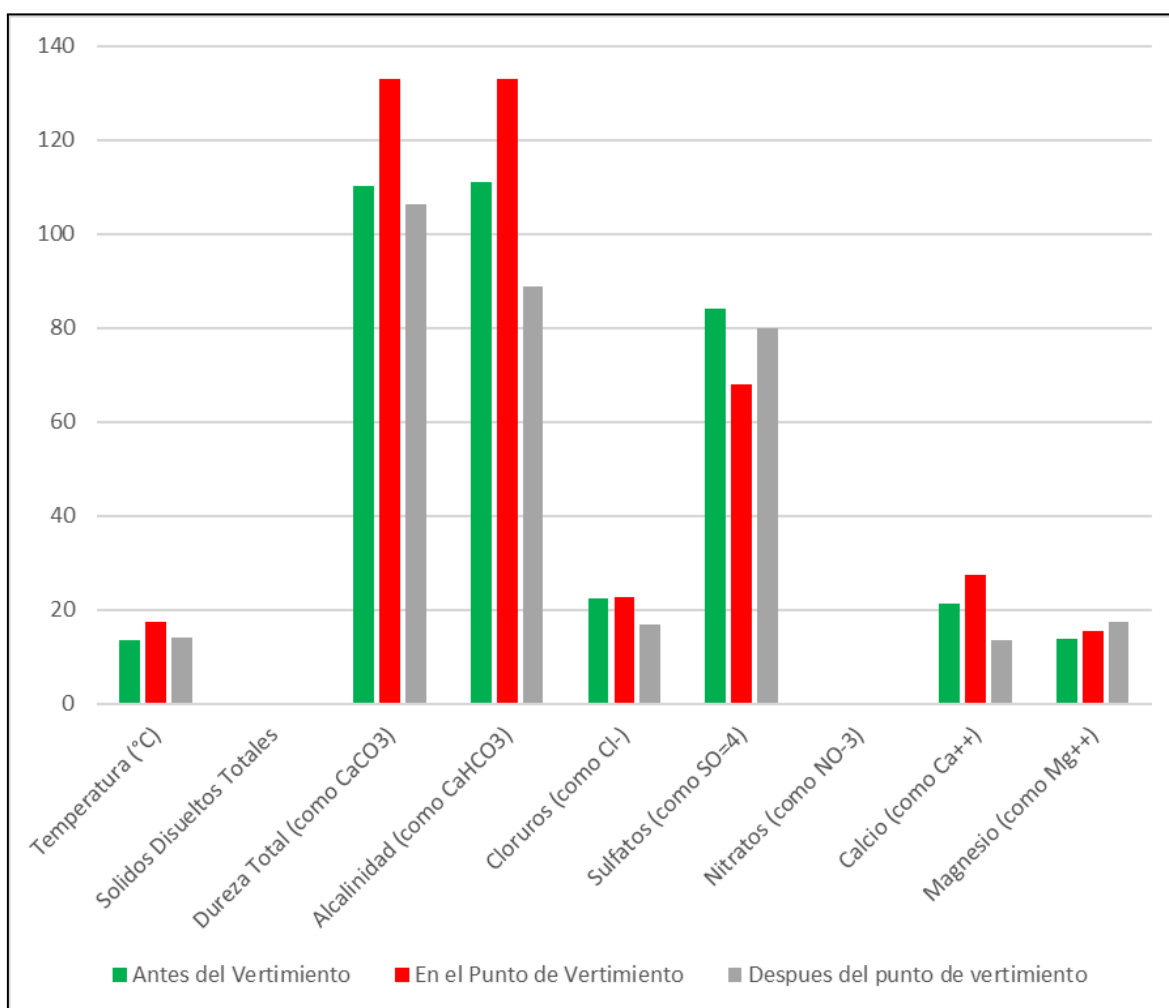


Figura 06: Variación de los parámetros químicos.

De lo observado en la figura 06, los sólidos disueltos totales (TDS), dureza total, alcalinidad, cloruros, sulfatos, nitratos, calcio y magnesio mostraron ligeras variaciones entre los tres puntos evaluados, sin superar los límites establecidos por el ECA – Categoría 3 (cuando aplicable). Los TDS aumentaron de 0.07 g/l (aguas arriba) a 0.13 g/l

en el punto de vertimiento, para luego volver a 0.07 g/l aguas abajo, lo que evidencia un ingreso puntual de sales disueltas con el vertimiento, seguido de una rápida dilución. La dureza total y la alcalinidad también se incrementaron en el punto de vertimiento (de 110.2 y 110.9 mg/l a 133.0 y 133.08 mg/l, respectivamente), y luego descendieron aguas abajo (106.4 y 88.72 mg/l), siguiendo un patrón similar. Los cloruros y sulfatos permanecieron dentro de valores bajos en los tres puntos, con una leve disminución aguas abajo, lo que indica que no hubo aporte significativo de estos compuestos por parte del vertimiento. Los nitratos se mantuvieron extremadamente bajos (0.01 - 0.02 mg/l), sin riesgo de contaminación nitrogenada. Finalmente, los niveles de calcio y magnesio variaron ligeramente entre puntos, pero sin representar ninguna afectación significativa ni incumplimiento normativo.

Los parámetros químicos mostraron aumentos puntuales en el punto de vertimiento, evidenciando la influencia de las aguas residuales tratadas; sin embargo, ningún valor superó los límites establecidos por la normativa vigente. Aguas abajo, la mayoría de estos parámetros retornaron a niveles similares a los de aguas arriba, lo que indica un efecto de dilución y recuperación parcial del cuerpo de agua.

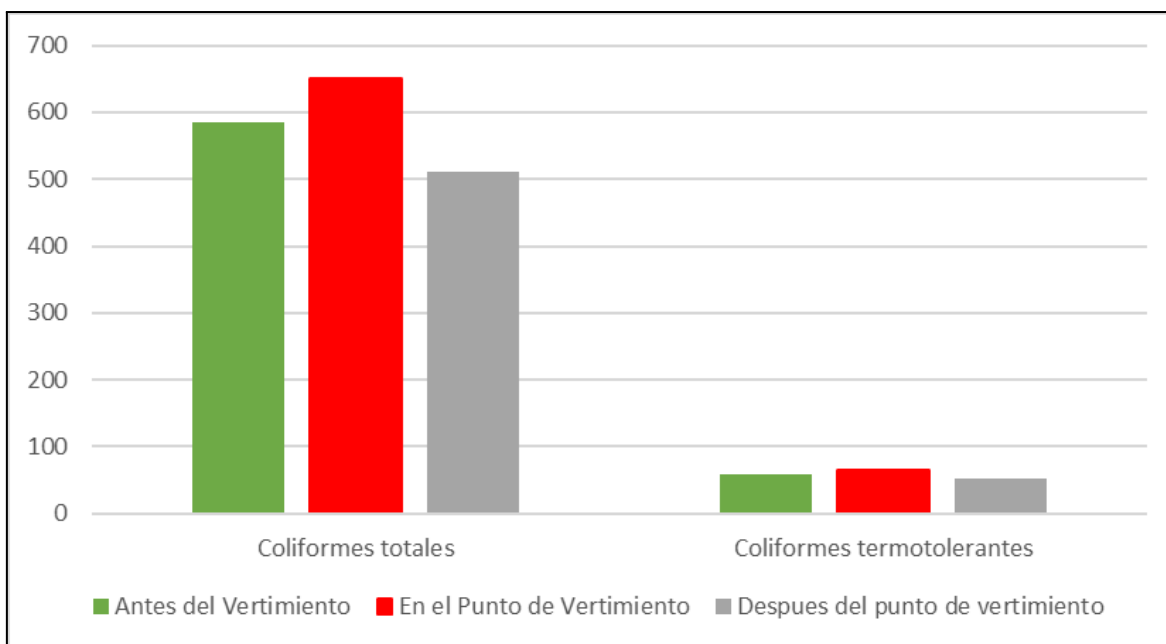


Figura 07: Variación de los parámetros microbiológicos.

Como se aprecia en la figura 07, en el parámetro de coliformes totales, se observó un aumento en el punto de vertimiento (650 NMP/100 ml) respecto a aguas arriba (585 NMP/100 ml), seguido de una disminución aguas abajo (512 NMP/100 ml). Aunque este parámetro no cuenta con un valor de referencia en el ECA para categoría 3, la variación sugiere una influencia fecal puntual por el vertimiento.

En cuanto a los coliformes termotolerantes, se registraron 59 NMP/100 ml aguas arriba, 64 NMP/100 ml en el punto de vertimiento y 52 NMP/100 ml aguas abajo. A pesar del leve incremento en el punto de descarga, los valores se mantuvieron muy por debajo de los límites del ECA (2000 NMP/100 ml para riego y 1000 NMP/100 ml para bebida de animales), lo que indica que no se evidencia una contaminación microbiológica significativa en ningún punto.

4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En comparación con el estudio de Fernández y Guardado (2021) en el río Cabaña (Cuba), donde se evidenció un deterioro progresivo de la calidad hídrica aguas abajo debido a la acumulación de contaminantes industriales y domésticos, nuestros resultados no muestran una progresiva degradación en los tres puntos muestreados (aguas arriba, punto de vertimiento, aguas abajo). Por el contrario, se evidenció una leve variación

puntual en parámetros como la conductividad eléctrica y la temperatura en el punto de vertimiento, seguida de una recuperación aguas abajo, lo cual sugiere una capacidad de autodepuración efectiva en el corto tramo analizado, o una menor carga contaminante en comparación con escenarios de mayor urbanización o industrialización.

Del mismo modo, al contrastar con Cedeño (2020), quien reportó valores de DBO, DQO, cloruros y sólidos suspendidos totales que superan los límites establecidos en el efluente del mar muerto (Ecuador), se observa una contradicción significativa. En el presente estudio, aunque algunos parámetros como sólidos disueltos totales o dureza aumentaron levemente en el punto de vertimiento, no se excedieron los límites permisibles, y la carga orgánica no fue medida directamente (por ejemplo, DBO₅), lo que limita una comparación directa con estudios que sí abordan estos indicadores.

Respecto a los antecedentes nacionales, el trabajo de Salazar (2020) en el río Tarma reveló aumentos importantes en la DBO y una disminución crítica del oxígeno disuelto en zonas urbanas, afectando la capacidad autodepurativa del río. Sin embargo, en el caso del río Lampa, no se registraron indicadores críticos ni evidencia de afectación severa por carga orgánica, lo que podría explicarse por una menor densidad poblacional, mejor dispersión del vertimiento o mayor capacidad de flujo y dilución.

La investigación de Barreto (2020) en el río Huallaga mostró incrementos en coliformes totales, E. coli, turbiedad y otros parámetros, tanto en el punto de descarga como aguas abajo, situación que difiere de los resultados obtenidos en este estudio, donde los niveles de coliformes termotolerantes fueron bajos en los tres puntos, sin superar los límites del ECA, incluso en el punto de vertimiento. Esta discrepancia podría explicarse por una eficiencia aceptable de la PTAR de Lampa en la remoción microbiológica, a diferencia de otras zonas donde los vertimientos son directos o sin tratamiento previo.

En los antecedentes más recientes, Huamaní (2023) y Chancari (2024) documentan niveles sumamente elevados de coliformes termotolerantes y DBO₅, tanto en los vertimientos como en las aguas receptoras (valores de hasta 35 millones NMP/100 ml y 128 mg/L de DBO), revelando una afectación seria en la calidad del agua. En cambio, en

el río Lampa los niveles de coliformes termotolerantes fueron significativamente bajos (máximo de 64 NMP/100 ml) y la temperatura se mantuvo cercana a los rangos aceptables, lo cual representa una diferencia importante y favorable respecto a otros cuerpos de agua analizados en el país.

A nivel local, el estudio de Huayta (2020) en el río Cabanillas evidenció altos niveles de contaminación y clasificación del agua como inadecuada para consumo humano y levemente contaminada para riego. Asimismo, Mendo (2025) señaló deficiencias en la remoción de DBO y DQO en la misma PTAR de Lampa, lo cual podría poner en duda su efectividad. Sin embargo, nuestros resultados no reflejan un impacto tan severo, lo que podría explicarse por diferencias metodológicas, cambios en el funcionamiento de la planta entre 2024 y 2025, o variaciones estacionales en el vertimiento y caudal del río.

4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.5.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.

Planteamos las hipótesis nula y alterna:

H_0 = La calidad del agua del río Lampa no se contamina debido al vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en el año 2025.

H_a = La calidad del agua del río Lampa se contamina debido al vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en el año 2025.

Con base en los resultados fisicoquímicos, microbiológicos expresados 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.

Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0), concluyendo que la calidad del agua del río Lampa **no se contamina debido al vertimiento de aguas residuales** provenientes de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en el año 2025.

4.5.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.

Planteamos las hipótesis nula y alterna:

H_0 = La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Lampa, aguas arriba 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 Lampa, aguas arriba del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa, no cumple con el ECA categoría 3.

De acuerdo a lo expuesto en la tabla 03 : “Comparación de valores de parámetros de aguas arriba del punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3”, donde se aprecia el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental, tanto para la Subcategoría D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales, por lo que rechazamos la H_a y **aceptamos la hipótesis nula (H_0)**.

4.5.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.

Planteamos las hipótesis nula y alterna:

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

H_a = La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Lampa, en el punto de vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa, no cumple con el ECA del agua en su categoría 3.

De acuerdo a lo expuesto en la tabla 04 : “Comparación de valores de parámetros en el punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3”, donde se aprecia el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental, tanto para la Subcategoría D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales, por lo que rechazamos la H_a y **aceptamos la hipótesis nula (H_0)**.

4.5.4. 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 Lampa, 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 Lampa, aguas abajo del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa, no cumple con el ECA categoría 3.

De acuerdo a lo expuesto en la tabla 05 : “Comparación de valores de parámetros aguas abajo del punto de vertimiento con el ECA - Categoría 3”, donde se aprecia el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental, tanto para la Subcategoría D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales, por lo que rechazamos la H_a y **aceptamos la hipótesis nula (H_0)**.

4.5.5. 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 Lampa en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025.

H_a = Existe variación significativa de la calidad del agua del río Lampa en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025.

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

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

Con base en los resultados expresados en las figuras 05: “Variación de los parámetros físicos”, figura 06: “Variación de los parámetros químicos” y figura 07: “Variación de los parámetros microbiológicos”, no se encontraron diferencias significativas entre los puntos analizados del río. Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis H_a .

CONCLUSIONES

PRIMERA: La calidad del agua del río Lampa, en el tramo evaluado durante el año 2025, no presenta un deterioro significativo atribuible al vertimiento de aguas residuales provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Lampa – Puno. Si bien se evidenció un incremento leve en algunos parámetros (como coliformes, sólidos disueltos y temperatura) en el punto de vertimiento, todos los valores se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA – Categoría 3).

SEGUNDA: La calidad del agua del río Lampa aguas arriba del punto de vertimiento cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA – Categoría 3) para riego de vegetales y bebida de animales, en todos los parámetros evaluados. Los valores de pH (7.53), conductividad eléctrica (0.15 mS/cm), temperatura (13.5), sólidos disueltos (0.07 g/L), alcalinidad (110.9 mg/L), y coliformes termotolerantes (59 NMP/100ml) se encontraron dentro de los rangos permisibles, lo cual sugiere que en esta zona el río conserva un estado adecuado y no se ve afectado por fuentes de contaminación directa.

TERCERA: En el punto de vertimiento, se observó un aumento leve en la conductividad eléctrica (0.26 mS/cm), temperatura (17.5 °C), sólidos disueltos (0.13 mg/L) y coliformes totales (650 NMP/100ml) y termotolerantes (64 NMP/100ml), aunque sin exceder los límites del ECA. Esto indica que el vertimiento de aguas residuales de la PTAR tiene un impacto detectable, pero todavía moderado y contenido en cuanto a la calidad del agua.

CUARTA: En el tramo aguas abajo del vertimiento, los valores de la mayoría de los parámetros analizados tienden a estabilizarse, e incluso algunos presentan disminución en comparación con el punto de vertimiento, como los coliformes y la conductividad. Esto

sugiere que el río Lampa presenta cierta capacidad de autodepuración, lo que atenúa el impacto del vertimiento. No obstante, esta recuperación depende del caudal y otras condiciones ecológicas, por lo que no debe asumirse como permanente o suficiente frente a descargas continuas.

QUINTA: En relación con la variación de la calidad del agua en los tres puntos analizados, se concluye que las diferencias observadas entre aguas arriba, punto de vertimiento y aguas abajo no son significativas, según el análisis comparativo de valores, se determina que no existe una variación crítica o alarmante de la calidad del agua atribuible al vertimiento de la PTAR, aunque sí se evidencian ligeras fluctuaciones que deben ser monitoreadas de forma continua para prevenir una potencial acumulación de contaminantes.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Dirigido a la Municipalidad de Lampa y el Gobierno Regional de Puno: Se recomienda fortalecer la infraestructura y el funcionamiento de la PTAR, garantizando que su operación sea óptima incluso en temporadas de lluvias o alta carga orgánica. Además, es necesario sensibilizar a la población y promover la participación ciudadana en la vigilancia de la calidad del agua, para así asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico en beneficio del medio ambiente y la salud pública.

SEGUNDA: Dirigido a la Municipalidad Distrital de Lampa y autoridades ambientales locales: Se recomienda implementar un programa permanente de monitoreo de la calidad del agua en la zona aguas arriba del punto de vertimiento, con el fin de preservar las buenas condiciones actuales y prevenir impactos futuros ocasionados por nuevas fuentes de contaminación o cambios en el uso del suelo.

TERCERA: Dirigido a la Empresa Prestadora de Servicios (EPS) responsable de la PTAR de Lampa: Es fundamental realizar una evaluación técnica integral de la eficiencia de la planta de tratamiento, enfocándose en los procesos de remoción de sólidos y microorganismos. A pesar de que los parámetros están dentro del ECA, se evidencia una carga orgánica moderada que puede intensificarse con el tiempo si no se toman acciones correctivas.

CUARTA: Dirigido al Ministerio del Ambiente (MINAM) y a la Autoridad Nacional del Agua (ANA): Se recomienda promover estudios sobre la capacidad de autodepuración del río Lampa, así como la implementación de barreras vegetales naturales o zonas de amortiguamiento aguas abajo del vertimiento, que contribuyan a mantener o mejorar la calidad del recurso hídrico en el tiempo.

QUINTA: Dirigido a investigadores y gestores ambientales regionales: Debido a que no se identificaron variaciones estadísticamente significativas entre los puntos muestreados, se sugiere realizar estudios de largo plazo (monitoreo estacional y en años consecutivos) para observar la tendencia real del impacto del vertimiento. Esto permitirá validar o ajustar la actual política 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-residuales>
- ANA. (2024). *Construcción de la línea base nacional de aguas superficiales del Perú*. Autoridad Nacional del Agua. <http://isbn.bnpp.gob.pe/>
- AQUAE. (2021). *Principales causas y consecuencias de la contaminación en el agua*. Fundación Aquae. <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 química 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-kMPcsfyJAXAH7kGHT3AIY4QFnoECB0QAQ&usg=AOvVaw3E_vlHYuV59PBSurHd_QTD
- Fernández, A. (2012). *El agua: Un recurso esencia*. (Vol. 11).
- Fernández-Rodríguez, M., & Guardado-Lacaba, R. M. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) 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 Jose 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 LAMPA POR VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA P.T.A.R. DEL DISTRITO DE LAMPA - PUNO, 2025.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿Cómo es la calidad del agua del río Lampa, considerando el vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, en el año 2025?</p> <p>ESPECÍFICOS ¿Cuál es la calidad del agua del río Lampa aguas arriba, antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, en 2025?</p>	<p>GENERAL Evaluar la calidad del agua del río Lampa, considerando el vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, en el año 2025.</p> <p>ESPECÍFICOS Determinar la calidad del agua del río Lampa aguas arriba, antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, en 2025.</p>	<p>GENERAL La calidad del agua del río Lampa se deteriora debido al vertimiento de aguas residuales provenientes de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, en el año 2025.</p> <p>ESPECÍFICOS La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Lampa aguas arriba, antes del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, no cumple con el ECA del agua en su categoría 4.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Variación de la calidad del agua</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE: Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos</p>	<p>D.S. 004-2017 MINAM(ECA del agua)</p> <p>Conductividad eléctrica Color Temperatura Oxígeno disuelto pH DBO DQO5 Cloruros Nitritos Nitritos Aceites y grasas coliform Coliformes termotolerantes Escherichia coli</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>Tipo: Descriptivo</p> <p>Diseño: No Experimental</p> <p>Población: Agua del río Lampa, distrito de Lampa.</p> <p>Muestra: 03 muestras.</p> <p>Tipo de muestreo: Simple y puntuales</p> <p>Técnicas: Observación Análisis.</p> <p>Instrumentos -D.S. 004-2017 MINAM(ECA del agua) -Laboratorio</p> <p>Diseño estadístico estadísticas</p>
<p>¿Cuál es la calidad del agua del río Lampa en el punto de vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, en 2025?</p>	<p>Determinar la calidad del agua del río Lampa en el punto de vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, en 2025.</p>	<p>La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Lampa en el punto de vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, no cumple con el ECA del agua en su categoría 4.</p>			
<p>¿Cuál es la calidad del agua del río Lampa aguas abajo, luego del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, en 2025?</p>	<p>Determinar la calidad del agua del río Lampa aguas abajo, luego del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, en 2025.</p>	<p>La concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Lampa aguas abajo, luego del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa - Puno, no cumple con el ECA del agua en su categoría 4.</p>			

<p>¿Cómo varía la calidad del agua del río Lampa en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025?</p>	<p>Analizar la variación de la calidad del agua del río Lampa en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025.</p>	<p>Existe variación de la calidad del agua del río Lampa en los diferentes puntos de análisis, debido al vertimiento de aguas residuales de la PTAR del distrito de Lampa – Puno, en 2025.</p>		<p>descriptivas comparativas y</p>
--	---	--	--	--

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	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N)+ Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		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	0,008		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endo sulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<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 Helminfos	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 0753/MQA

RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA.

PROCEDECENCIA : RIO LAMPA – LAMPA - PUNO.
INTERESADO : ANDY WILLIAMS TICONA ORTEGA.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 10/07/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 11/07/2025

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro
Olor : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FISICOS:

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 lones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.



Lorgio Palacios Frisancho
BIÓLOGO
082 2125

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

Anexo 04: Galería fotográfica.



Figura 08: Fotografía panorámica del punto antes del vertimiento de aguas residuales.



Figura 09: Toma de la muestra para análisis fisicoquímico, antes del vertimiento de aguas residuales.



Figura 10: Toma de la muestra para análisis microbiológico, antes del vertimiento de aguas residuales.



Figura 11: Fotografía panorámica del punto del lugar del vertimiento de aguas residuales.



Figura 12: Toma de la muestra para análisis fisicoquímico, en el punto del vertimiento de aguas residuales.



Figura 13: Toma de la muestra para análisis microbiológico, en el punto del vertimiento de aguas residuales.

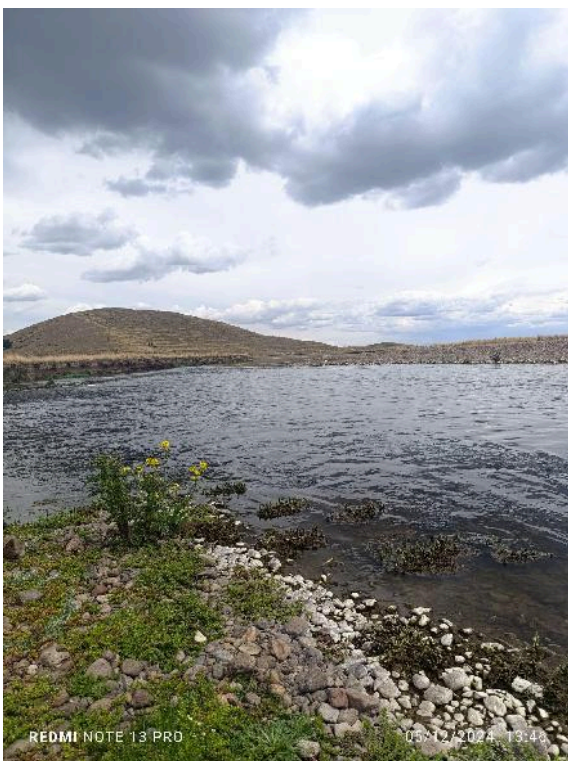


Figura 14: Fotografía panorámica del punto después del vertimiento de aguas residuales.



Figura 15: Toma de la muestra para análisis fisicoquímico, después del vertimiento de aguas residuales.



Figura 16: Toma de la muestra para análisis microbiológico, después del vertimiento de aguas residuales.