

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS
FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO ILAVE, PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO,**

2026

PRESENTADA POR:

NILDA YUDIT LARIJO LAURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2026



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/)



19.63%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 22 MAY 2026, 8:56 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
1.59%

● CHANGED TEXT
18.03%

Report #33303821

NILDA YUDIT LARIJO LAURA // EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO ILAVE, PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO, 2026 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del Río Ilave mediante la determinación de parámetros físico-químicos en la provincia de El Collao – Puno, durante el año 2026.

2 El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-explicativo, con un diseño no experimental y de corte transversal, considerando como muestra tres puntos representativos del río: aguas arriba, zona media y aguas abajo, con el fin de analizar la variación espacial de la calidad del agua. La recolección de muestras se realizó mediante muestreo puntual, siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, garantizando la representatividad y confiabilidad de los datos. 6 8 Se evaluaron parámetros físicos como temperatura, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, así como parámetros químicos como pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), nitratos, fosfatos y cloruros. Los resultados evidenciaron un deterioro progresivo de la calidad del agua desde el punto aguas arriba hacia aguas abajo, reflejado en el incremento de la turbidez, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, nutrientes y carga orgánica, así como en la disminución del oxígeno disuelto.


UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS
FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO ILAVE, PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO,
2026
PRESENTADA POR:
NILDA YUDIT LARIJO LAURA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

PRIMER MIEMBRO

: 
Dra. CELIA VERENISSE ORTIZ DE ORUE ROJAS

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

ASESOR DE TESIS

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 27 de mayo del 2026.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía constante y por darme la fortaleza necesaria para superar cada desafío durante este proceso.

A mis padres, por su amor, paciencia y apoyo incondicional, quienes con su esfuerzo y ejemplo han sido la base fundamental de mi formación y el impulso para alcanzar cada uno de mis objetivos.

A mi familia, por acompañarme en cada etapa de mi vida, brindándome motivación y confianza para seguir adelante a pesar de las dificultades.

Finalmente, dedico este logro a todas aquellas personas que han formado parte de mi camino académico y personal, quienes con sus palabras de aliento y apoyo sincero contribuyeron a que este proyecto se haga realidad, inspirándome a seguir creciendo y aportando al cuidado del medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por el apoyo brindado, en mi formación académica

De igual manera, manifiesto mi reconocimiento a mis docentes y asesor de investigación, por su valiosa orientación, paciencia y aporte académico, los cuales fueron esenciales para el desarrollo y culminación de este trabajo.

Asimismo, agradezco a las instituciones y personas que colaboraron durante el proceso de recolección y análisis de datos, facilitando los medios necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, contribuyeron al logro de este objetivo, acompañándome en este importante proceso de crecimiento profesional.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.2. ANTECEDENTES	17
1.2.1. INTERNACIONALES	17
1.2.2. NACIONALES	19
1.2.3. LOCALES	22
1.3. OBJETIVOS	24
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	24
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	24

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	25
2.1.1. CALIDAD DEL AGUA	25
2.1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA	26

2.1.3. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA	26
2.1.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN NORMATIVAS	27
2.1.5. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA	27
2.1.6. IMPORTANCIA DE EVALUAR PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	30
2.2. MARCO CONCEPTUAL	31
2.3. MARCO NORMATIVO	34
2.4. HIPÓTESIS	35
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	35
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	35
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	37
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.2.1. POBLACIÓN	38
3.2.2. MUESTRA	39
3.3. MÉTODOS Y MATERIALES	40
3.3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	40
3.3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
3.3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	41
3.2.4. DISEÑO ESTADÍSTICO	41
3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO	41
3.4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01	41
3.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02	43
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	46

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ILAVE MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN LA PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO, 2026	47
4.1.1. ESTADO FÍSICO-QUÍMICO: RANGOS	48
4.1.2. CARGA ORGÁNICA Y OXIGENACIÓN	48
4.1.3. NUTRIENTES Y SALES	49
4.1.4. GRADIENTE ESPACIAL (M1–M3): ZONAS MÁS IMPACTADAS	49
4.2. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL RÍO ILAVE EN LA PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO, 2026	49
4.2.1. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS	50
4.2.2. INTERPRETACIÓN TÉCNICA	51
4.2.3. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL RÍO ILAVE	52
4.3. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL RÍO ILAVE EN LA PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO, 2026	56
4.3.1. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS	56
4.3.2. INTERPRETACIÓN TÉCNICA	57
4.3.1. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL RÍO ILAVE	59
4.4. DISCUSIÓN	69
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Ubicación de las estaciones de muestreo en el río llave.	39
Tabla 02: Materiales utilizados.	42
Tabla 03: Equipos utilizados.	44
Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación.	46
Tabla 05: Resultados de los análisis físicos en M1, M2 y M3	50
Tabla 06: Resultados de los análisis químicos en M1, M2 y M3	56
Tabla 07: Concentración de parámetros físicos y químicos en el río llave (2026)	58
Tabla 08: Comparación de parámetros físico-químicos del río llave frente a los ECA	68

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación del lugar de investigación llave, Puno - Perú.	38
Figura 02: Ubicación del río llave, ubicado en la ciudad de llave.	38
Figura 03: Ubicación de los tres puntos de muestreo en el río llave.	40
Figura 04: Vista general de la zona de estudio (río llave).	85
Figura 05: Toma de muestra de agua en el punto M1.	85
Figura 06: Toma de muestra de agua en el punto M2.	86
Figura 07: Toma de muestra de agua en el punto M3.	86
Figura 08: Rotulado de las muestras para su análisis físico químico.	87
Figura 09: Acondicionamiento de las muestras de agua.	87
Figura 10: Resultados del laboratorio.	88

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO ILAVE, PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO, 2026	83
Anexo 02: Instrumentos	84
Anexo 03: Registro Fotográfico	85

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del Río Llave mediante la determinación de parámetros físico-químicos en la provincia de El Collao – Puno, durante el año 2026. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-explicativo, con un diseño no experimental y de corte transversal, considerando como muestra tres puntos representativos del río: aguas arriba, zona media y aguas abajo, con el fin de analizar la variación espacial de la calidad del agua. La recolección de muestras se realizó mediante muestreo puntual, siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, garantizando la representatividad y confiabilidad de los datos. Se evaluaron parámetros físicos como temperatura, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, así como parámetros químicos como pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), nitratos, fosfatos y cloruros. Los resultados evidenciaron un deterioro progresivo de la calidad del agua desde el punto aguas arriba hacia aguas abajo, reflejado en el incremento de la turbidez, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, nutrientes y carga orgánica, así como en la disminución del oxígeno disuelto. La comparación con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM mostró el incumplimiento de varios parámetros, especialmente en los puntos medio y bajo del río, lo que indica la presencia de contaminación de origen antrópico asociada a descargas residuales y actividades humanas. En conclusión, la calidad del agua del río Llave no cumple plenamente con los estándares ambientales, representando un riesgo para el ecosistema acuático y limitando sus posibles usos.

Palabras clave: Agua superficial, Calidad del agua, Contaminación, Parámetros físico-químicos.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the water quality of the Ilave River by determining physicochemical parameters in the province of El Collao, Puno, during the year 2026. The study was conducted using a quantitative, descriptive-explanatory approach, with a non-experimental, cross-sectional design. Three representative points along the river were selected as samples: upstream, middle, and downstream, in order to analyze the spatial variation of water quality. Samples were collected using spot sampling, following the National Protocol for Monitoring the Quality of Surface Water Resources, thus ensuring the representativeness and reliability of the data. Physical parameters such as temperature, turbidity, electrical conductivity, and total dissolved solids were evaluated, as well as chemical parameters such as pH, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD₅), chemical oxygen demand (COD), nitrates, phosphates, and chlorides. The results showed a progressive deterioration in water quality from upstream to downstream, reflected in increased turbidity, electrical conductivity, total dissolved solids, nutrients, and organic load, as well as decreased dissolved oxygen. Comparison with the Environmental Quality Standards established in Supreme Decree No. 004-2017-MINAM revealed non-compliance with several parameters, especially in the middle and lower reaches of the river, indicating the presence of anthropogenic pollution associated with wastewater discharges and human activities. In conclusion, the water quality of the Ilave River does not fully meet environmental standards, posing a risk to the aquatic ecosystem and limiting its potential uses.

Keywords: Surface water, Water quality, Pollution, Physicochemical parameters

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural indispensable para la vida, el desarrollo de las actividades humanas y el equilibrio de los ecosistemas. Sin embargo, el crecimiento poblacional, la expansión urbana y las actividades económicas como la agricultura y el comercio han incrementado la presión sobre los recursos hídricos, generando procesos de contaminación que afectan su calidad y disponibilidad. En este contexto, la evaluación de parámetros físico-químicos del agua constituye una herramienta fundamental para determinar el estado ambiental de los cuerpos de agua y plantear estrategias de mitigación orientadas a su conservación y uso sostenible.

En la provincia de El Collao, región Puno, el Río llave representa una fuente importante para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias y para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos. No obstante, este recurso hídrico viene siendo afectado por la descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento, el inadecuado manejo de residuos sólidos y la influencia de actividades agropecuarias, lo que ha generado un deterioro progresivo en su calidad. Esta problemática constituye un riesgo tanto para la salud de la población como para la biodiversidad del entorno.

El presente estudio tuvo como objetivo general evaluar la calidad del agua del río llave mediante la determinación de parámetros físico-químicos, con la finalidad de identificar su estado actual y evidenciar el nivel de contaminación existente. Para ello, se establecieron tres puntos de muestreo representativos a lo largo del cauce del río: aguas arriba, zona media y aguas abajo. Se analizaron parámetros físicos como temperatura, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, así como parámetros químicos como pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), nitratos, fosfatos y cloruros.

La importancia de esta investigación radica en generar información técnica actualizada que contribuya a la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes, así como al diseño de políticas públicas orientadas a la gestión sostenible del recurso hídrico.

Asimismo, busca promover la sensibilización de la población respecto al cuidado del agua, elemento esencial para la salud y el desarrollo socioeconómico de la región.

Finalmente, el presente trabajo se estructura en los siguientes capítulos:

- Capítulo I: Planteamiento del problema, donde se presenta la realidad problemática, la formulación del problema, la justificación y los objetivos de la investigación.
- Capítulo II: Marco teórico, que comprende los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos relacionados con la calidad del agua.
- Capítulo III: Metodología, en el cual se describe el diseño de investigación, la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos.
- Capítulo IV: Resultados, donde se exponen los análisis físico-químicos realizados y la interpretación de los datos obtenidos.
- Capítulo V: Discusión, conclusiones y recomendaciones, donde se contrastan los resultados con otros estudios y se presentan las conclusiones principales y propuestas para mejorar la calidad del agua del río llave.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua dulce constituye aproximadamente el 3 % del total de los recursos hídricos del planeta; sin embargo, sólo cerca del 0.025 % se encuentra disponible para el consumo humano. A pesar de ser un recurso renovable, su disponibilidad y calidad se han visto progresivamente afectadas debido al incremento de la población, la expansión urbana desordenada, el uso intensivo en actividades agrícolas y, en menor medida, industriales, así como por la creciente influencia de las actividades antrópicas, situación que también se evidencia en zonas como la provincia de El Collao, donde las fuentes hídricas vienen siendo sometidas a presión ambiental (Fundación Aquae, 2021). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (2023), más de dos mil millones de personas en el mundo no cuentan con acceso seguro al agua potable. Asimismo, se estima que alrededor del 80 % de las aguas residuales generadas son vertidas sin tratamiento previo, lo que repercute negativamente en la calidad de los cuerpos de agua y en los ecosistemas asociados. Esta problemática también se refleja a nivel local, donde fuentes hídricas como el Río llave pueden verse afectadas por descargas sin tratamiento y otras actividades que deterioran su calidad (Naciones Unidas, 2024).

El cambio climático ha acelerado la aparición y severidad de fenómenos extremos, tales como sequías prolongadas e inundaciones devastadoras, afectando tanto la disponibilidad como la calidad del agua. Esta situación también puede observarse en zonas altoandinas como la provincia de El Collao, donde las variaciones climáticas

influyen en el comportamiento de fuentes hídricas como el Río llave, afectando su caudal y sus características físico-químicas (Gaspar et al., 2024). Esta situación se agudiza debido a la incesante polución de los ríos y lagos, los cuales sufren el azote de diversos contaminantes, tales como metales pesados, desechos sólidos, una abundancia de nutrientes y microorganismos nocivos. La alteración de los equilibrios físico-químicos del agua no solo merma su pureza, sino que también se convierte en un peligro para la vida humana, la diversidad biológica y la seguridad alimentaria. En este contexto, ríos como el Río llave no escapan a estas fuerzas. Por esta razón, entidades globales como la ONU impulsan la adopción de una administración sostenible e integral de los recursos acuáticos (Salas et al., 2020).

Aunque América Latina alberga cerca del 30 % del agua dulce global, se han agudizado los desafíos vinculados a la distribución inequitativa del recurso y su creciente polución. Los desechos domésticos, las fugas industriales sin tratamiento, el mal manejo de fertilizantes en la agricultura y la minería clandestina constituyen riesgos considerables para la pureza del agua y la armonía del entorno natural. Esta realidad también se manifiesta en escenarios locales, donde ríos como el Río llave pueden verse afectados por estas acciones (Nieto, 2021). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2021) revela que, en múltiples naciones latinoamericanas, más del 70 % de las aguas residuales son vertidas sin tratamiento previo a los ríos y lagos, deteriorando así sus propiedades físico-químicas y biológicas. Esta realidad también puede presentarse a nivel local, afectando cuerpos de agua como el Río llave, cuya calidad podría verse comprometida por vertimientos sin control.

Los ríos que atraviesan zonas urbanas, en particular, tienden a convertirse en puntos críticos de contaminación, acumulando elevadas concentraciones de sólidos suspendidos, metales pesados, coliformes fecales y compuestos orgánicos. Esta situación provoca un deterioro significativo de su calidad, generando riesgos para las poblaciones que dependen de estos recursos para actividades domésticas, agrícolas o recreativas. En este contexto, el Río llave puede presentar condiciones similares debido a

la influencia de las actividades urbanas y antrópicas desarrolladas en su entorno (Herrera et al., 2022). Bogotá, Lima, La Paz y Ciudad de México exhiben ríos que desafían las normas de oxígeno, sólidos suspendidos totales y metales pesados. Esta circunstancia se intensifica debido a la escasa ejecución de estrategias de saneamiento, la escasa infraestructura para el tratamiento de aguas residuales y la escasa inversión gubernamental en la administración ecológica. Problemáticas similares pueden manifestarse en contextos locales, donde fuentes hídricas como el Río llave podrían verse afectadas por condiciones de gestión y control ambiental insuficientes (González & Chiroles, 2020).

En Perú, la polución de las aguas superficiales se ha convertido en un desafío estructural persistente. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), más de 130 ríos y lagos en el territorio nacional no están alineados con los estándares de calidad ambiental dictados por el Decreto Supremo N.o 004-2017 del Ministerio de Ambiente. En la mayoría de estos escenarios, se observan niveles alarmantes de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), turbidez, fósforo y coliformes fecales, provocados por la ejecución directa de aguas residuales, efluentes industriales y desechos sólidos.

Enfrentamientos emblemáticos como el del Río Mantaro, golpeado principalmente por la minería, y el del Río Coata, azotado por las lluvias urbanas de Juliaca, revelan la gravedad del flagelo de la polución acuática en la nación. Estas situaciones reflejan condiciones que también podrían presentarse en otras fuentes hídricas de la región, como el Río llave, donde diversas actividades antrópicas pueden influir negativamente en la calidad del agua (Espinoza, 2023). Si bien Perú dispone de un marco normativo ambiental consolidado, su aplicación aún presenta diversas limitaciones. Entre estas destacan la debilidad institucional de las Autoridades Locales del Agua (ALA), la insuficiente fiscalización de las actividades que impactan los recursos hídricos y la escasa participación de la población en la gestión del agua. Estas dificultades restringen el avance hacia una gestión eficiente, preventiva y sostenible del recurso hídrico, situación que también puede observarse en ámbitos locales como la provincia de El Collao, donde

fuentes como el Río Llave requieren una adecuada vigilancia y control (Choque et al., 2022).

En el ámbito regional, Puno se enfrenta a un escenario alarmante de contaminación acuática, a pesar de pertenecer a la cuenca del Lago Titicaca. Diversos ríos que navegan por esta cuenca, tales como el Río Coata, el Río Suches, el Río Ramis y el Río Torococha, exhiben niveles alarmantes de contaminantes, tales como coliformes fecales, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y metales pesados, superando las normas ambientales actuales (Espinoza, 2023).

Esta situación constituye un riesgo significativo para los ecosistemas acuáticos, así como para actividades económicas como la pesca y la agricultura, además de comprometer la salud de las poblaciones cercanas. En la región Puno, persisten limitaciones en el acceso a sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales, y los avances en materia de saneamiento han sido insuficientes debido a restricciones presupuestarias, debilidades en la articulación interinstitucional y una limitada priorización política del tema. (Quispe, 2024).

En el Río Llave se evidencia una creciente presión ambiental debido a la posible acumulación de aguas residuales de origen doméstico, así como a la disposición inadecuada de residuos sólidos en sectores cercanos a su cauce, en muchos casos sin tratamiento previo. Esta situación sugiere una alteración progresiva de sus condiciones naturales, la cual puede manifestarse en cambios visibles como la coloración del agua, la presencia de olores desagradables y la aparición de material flotante o espumas en determinados tramos.

Estos indicios permiten inferir una posible modificación de los parámetros físico-químicos del agua, lo que representa un deterioro de su calidad. Asimismo, la ocupación de la faja marginal del río y las intervenciones no planificadas en su entorno podrían estar reduciendo su capacidad natural de flujo, favoreciendo la formación de zonas de estancamiento y aumentando el riesgo de desbordes durante la temporada de precipitaciones.

Esta problemática ambiental no solo compromete el equilibrio del ecosistema acuático, sino que también repercute directamente en la calidad de vida de la población local, especialmente de quienes residen en zonas cercanas al Río llave. En este contexto, la exposición a aguas potencialmente contaminadas podría estar asociada a la presencia de enfermedades de tipo gastrointestinal y afecciones dermatológicas entre los pobladores. Además, la degradación del agua frena su uso para cultivos, riego y otras actividades productivas, impactando negativamente el progreso económico y social de la región. Frente a esta situación, resulta necesario llevar a cabo una evaluación técnica que permita analizar la calidad del agua del río llave mediante la determinación de parámetros físico-químicos, con el propósito de generar información que contribuya a la implementación de medidas de recuperación ambiental y control sanitario en la provincia de El Collao.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la calidad del agua del Río llave en función de la concentración de los parámetros físico-químicos evaluados en la provincia de El Collao - Puno, 2026?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros físicos del Río llave en la provincia de El Collao - Puno, 2026?
- ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros químicos del Río llave en la provincia de El Collao - Puno, 2026?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. INTERNACIONALES

Escandón & Cáceres (2022), para medir la pureza del agua en la diminuta cuenca del río San Francisco, en Ecuador, se instalaron seis estaciones de monitoreo y se llevaron a cabo cuatro campañas de muestreo en épocas de lluvia y sequía. Se capturaron 2892 criaturas, distribuidas en 25 familias y 11 categorías, liderando Ephemeroptera (61.9%), seguida por Díptera, Coleoptera, Oligochaeta y Trichoptera. Los índices de diversidad Shannon-Weaver y Simpson revelaron una diversidad moderada y de escasa

preponderancia, mientras que los índices bióticos ABI, ETP y BMWP/Col etiquetaron la calidad del agua como regular, excelente y regular, según su grado de buena calidad. Asimismo, los parámetros fisicoquímicos evaluados se mantuvieron por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa TULSMA, y variables como dureza, alcalinidad, fosfatos y coliformes se encontraron dentro de rangos aceptables, evidenciando condiciones relativamente favorables del recurso hídrico.

Zambrano (2023), con el fin de desentrañar las propiedades físicas y químicas del agua del río Ronquillo, tomando en cuenta la influencia de elementos externos y contrastándolas con los estándares de calidad ambiental para uso humano (ECA-1A). Entre sus resultados evidenciaron que los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites permitidos, indicando que el agua es apta para consumo humano. No se identificaron contaminantes de origen antrópico que alteren significativamente sus características; sin embargo, se observó que las lluvias en la parte alta de la cuenca generan arrastre de sedimentos, lo que ocasiona variaciones en algunos parámetros como manganeso, sulfatos y bicarbonatos. A pesar de estas fluctuaciones, los valores registrados no superan los límites establecidos por la normativa vigente.

Vigil (2021), realizó un análisis para verificar si las propiedades fisicoquímicas del río Chonta, en el sector cinco de Los Baños del Inca, cumplen con su clasificación de uso. Para ello, se establecieron cuatro puntos de muestreo (PM-1, PM-2, PM-3 y PM-4) situados en áreas impactadas por vertidos domésticos, actividades industriales y cultivos agrícolas y pecuarios. Se tomaron 36 muestras en tres jornadas estivales (junio, julio y agosto), y se examinaron 14 variables fisicoquímicas. Los hallazgos revelaron que la mayoría de los parámetros se mantuvieron dentro de los confines de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (categoría 3, D.S. N.º 004-2017-MINAM); no obstante, el pH excedió las normas establecidas, lo que se atribuye a la danza de aguas pluviales y la presencia de actividades ganaderas y agrícolas en la región.

Cumbal & Ordoñez (2023), Para medir la pureza del agua en la diminuta cuenca del río Sicalpa, situada en el cantón Colta, Ecuador, se llevó a cabo un examen minucioso de

variables físicas, químicas y microbiológicas durante la temporada seca (junio-septiembre). Se seleccionaron 24 puntos de muestreo georeferenciados y las muestras fueron analizadas en laboratorio, considerando variables como temperatura, pH, turbidez, SDT, DBO, oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos y coliformes fecales. Los hallazgos revelaron disparidades entre la cúspide y la base de la microcuenca, con índices del ICA oscilando entre 67.90 y 68.42, clasificados como de calidad regular, lo que revela cómo las actividades humanas han dejado su huella en la degradación del recurso hídrico.

1.2.2. NACIONALES

Huarcaya & Toribio (2021), se llevó a cabo una investigación para desentrañar los rasgos fisicoquímicos de la pureza del agua en la subcuenca del río Ichu, los cuales fueron examinados a través de estadística descriptiva con una confianza del 95%. La normalidad de los datos se evaluó con la prueba de Shapiro-Wilk y la contrastación de hipótesis mediante la prueba t de Student. Los resultados evidenciaron que los parámetros evaluados, como temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, cloruros y demanda bioquímica de oxígeno, no superan los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3. En consecuencia, se concluye que la calidad del agua cumple con los valores permitidos para su uso en riego de vegetales y bebida de animales.

Muñoz & Ruiz (2020), En su exploración para medir la pureza del río Chinchipe durante su travesía por el corazón urbano de Puerto Chinchipe, estableció tres puntos de muestreo (aguas altas, bajo un puente y aguas bajas) distantes 500 metros entre sí. Las muestras, junto con mediciones in situ, fueron analizadas en laboratorio, evidenciando que algunos parámetros fisicoquímicos como el color, la DQO y la presencia de aceites y grasas, así como el parámetro microbiológico, superaron los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para agua de categoría 3. Sin embargo, los parámetros inorgánicos se mantuvieron dentro de los rangos permisibles, lo que indica una afectación

parcial de la calidad del agua, principalmente por contaminación orgánica y microbiológica.

Sias (2023), determinó la pureza del agua en dos afluentes del río Huallaga, empleando el índice de Oregón, a través del análisis de muestras en los ríos Tulumayo y Monzón, en la provincia de Leoncio Prado. Los resultados evidenciaron que parámetros como pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, coliformes fecales y sólidos totales se encuentran dentro de los límites establecidos por el D.S. N.º 004-2017-MINAM, clasificándolos como aptos para potabilización con desinfección (A1) y recreación de contacto primario (B1). Sin embargo, de acuerdo con el índice de Oregón, ambos ríos presentan una calidad de agua considerada como “muy pobre” en las épocas evaluadas, evidenciando un deterioro significativo del recurso hídrico pese a cumplir con algunos parámetros normativos.

Castro (2020), se embarcó en una investigación para medir la pureza del agua proveniente de un manantial esencial para el bienestar humano en una comunidad específica, tomando en cuenta factores físicos, químicos y biológicos. Los hallazgos revelaron fluctuaciones en la proporción de minerales, compuestos orgánicos, inorgánicos y sales disueltas en el sistema analizado. Además, se hallaron niveles alarmantes de coliformes fecales en la recolección (161 NMP/100 ml), el almacenamiento (23 NMP/100 ml) y el punto de consumo doméstico (30 NMP/100 ml), superando las normas vigentes. En términos generales, la mayoría de los lugares mostraron elevadas concentraciones de coliformes, lo cual sugiere un peligro para la salud pública. Los resultados de la captación fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (D.S. N.º 004-2017-MINAM), mientras que los datos del reservorio y del punto de consumo se contrastaron con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA.

Chavez & Culqui (2023), se llevó a cabo una investigación para medir la pureza del agua de un manantial que provee a la comunidad de Las Flores, analizando variables físicas, químicas y biológicas en un laboratorio especializado. Los resultados fueron comparados

con los Estándares de Calidad Ambiental (D.S. N.º 004-2017-MINAM) y los Límites Máximos Permisibles del reglamento para agua de consumo humano (D.S. N.º 031-2010-SA). Las concentraciones de los parámetros evaluados, tanto en época de lluvias como de estiaje, se mantuvieron dentro de los límites permitidos para la categoría 1 A1; no obstante, el pH osciló entre 5.26 y 5.72, encuadrado en la categoría 1 A2. En términos generales, se determinó que el agua del manantial se ajusta a las normas actuales y es apta para el uso humano.

Juarez (2021), con el propósito de medir la pureza del río Moquegua a través del estudio de variables físicas, químicas y microbiológicas, tales como pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales y coliformes fecales, en el área que va desde la zona Chacra hasta el puente La Villa y la feria de La Olla. Se llevaron a cabo muestreos previos y posteriores al recorrido para detectar posibles fuentes de polución. Los resultados evidenciaron la presencia de residuos sólidos vertidos directamente al cauce, así como variaciones en el pH y concentraciones de coliformes fecales que superan los Límites Máximos Permisibles, lo que indica un deterioro significativo de la calidad del agua asociado a actividades comerciales en la zona. Estos descubrimientos fueron evaluados en relación con las Normas de Calidad Ambiental dictadas por el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

Gutierrez (2023), examinó la pureza del líquido vital en las subcuencas Achamayo y Shullcas utilizando el Índice Canadiense de Calidad del Agua (CCME-WQI). Los hallazgos revelaron que la subcuenca Shullcas alcanzó un impresionante índice de 46.2, clasificada como de "nivel medio", principalmente por la abundancia de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. En contraste, la subcuenca Achamayo mostró un índice de 67.8, indicando una condición "media". Según estos hallazgos, se determina que la subcuenca Shullcas sufre un deterioro alarmante, vinculado a los vertientes urbanos, por lo que se sugiere instaurar sistemas de tratamiento de aguas residuales, como lodos activados o lagunas de estabilización, con el fin de disminuir la polución y elevar la pureza del agua.

Ñahui (2023), evaluaron la pureza del líquido vital en los núcleos urbanos de Yauli, en Huancavelica, utilizando tanto métricas fisicoquímicas como microbiológicas. En términos generales, los hallazgos revelaron condiciones aceptables; no obstante, se detectaron ciertas variaciones microbiológicas en ciertos ámbitos. En Yauli, los coliformes totales superaron los 55 NMP/100 ml, superando el umbral permitido; sin embargo, *Escherichia coli* se mantuvo dentro de las normas establecidas. En Torreccacca, a pesar de cumplir con las normas fisicoquímicas, los coliformes totales y fecales superaron los umbrales permitidos. En Choca, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos cumplieron con las normas establecidas, lo que certificó que el agua es apta para el consumo humano.

Cabanillas (2022), se embarcó en una investigación para desentrañar la metamorfosis del entorno acuático del río Nanay a través de análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de metales. Los hallazgos revelaron que índices como aceites y grasas, nitratos y compuestos hidrocarburoados permanecieron bajo los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 4 E2 (ríos de selva); no obstante, el parámetro de color superó el umbral establecido. En el escrutinio microbiológico, la abundancia de *Escherichia coli* superó el límite tolerable, revelando un peligro para la pureza del líquido vital. En lo que respecta a los metales, el arsénico y el mercurio se mantuvieron dentro de las normas establecidas, mientras que el plomo mostró una leve desviación, señalando una merma puntual en la fuente de agua.

1.2.3. LOCALES

Espinoza (2023), se embarcó en una investigación para desentrañar las características físicas y químicas del agua superficial del río Coata, en la región baja del distrito de Coata, a la altura del Puente Independencia, en 2022. Los hallazgos revelaron una temperatura de 12.9 °C, conductividad eléctrica de 393 a 460 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos disueltos totales entre 117.40 y 229 mg/L, turbidez entre 0.90 y 7.56 NTU, pH entre 8.11 y 8.27, cloruros entre 307.90 y 319.90 mg/L y sulfatos entre 215.60 y 253 mg/L. Al comparar estos datos con los Estándares de Calidad Ambiental, se observó que la conductividad eléctrica y el pH se mantuvieron dentro de los límites permitidos, mientras que los demás

parámetros excedieron los estándares establecidos, revelando una notable alteración en la calidad del agua, pudiendo tener un impacto significativo en la calidad del agua y podrían afectar la desembocadura del lago Titicaca.

Espinoza (2022), para medir la pureza del líquido vital en la cúspide de la subcuenca del río Llallimayo, en la provincia de Melgar, región Puno, entre octubre de 2020 y mayo de 2021, con épocas de avenidas y estiaje. El río Chacapalca se dividió en dos áreas de muestreo, donde se llevaron a cabo mediciones in situ y análisis en laboratorio utilizando espectroscopía de absorción atómica. Se analizaron variables físicas, químicas y microbiológicas, abarcando desde el pH hasta la temperatura, la conductividad eléctrica, metales pesados y coliformes que soportan el calor. Los resultados evidenciaron variaciones significativas entre los puntos evaluados, especialmente en los parámetros inorgánicos, determinando que la actividad minera constituye una fuente importante de contaminación, al registrarse concentraciones de metales que superan los límites permisibles, afectando la calidad del agua para su uso y consumo humano.

Quispe (2024), durante el año 2024, llevó a cabo una investigación para medir la pureza del agua superficial del río Coata, en la provincia de San Román, a través del análisis de variables físicoquímicas y metales pesados. Los resultados evidenciaron que parámetros como turbidez, conductividad eléctrica, temperatura, sólidos disueltos totales, pH y oxígeno disuelto se mantuvieron dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa vigente. Sin embargo, se registraron valores que superan los estándares en parámetros como DQO, DBO, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal. En consecuencia, se concluye que la calidad del agua del río Coata no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, evidenciando un nivel de contaminación significativo.

Ortega (2022),re llevó a cabo una investigación para evaluar la pureza del río Coata en Juliaca en 2022, empleando el enfoque ICARHS. Los resultados mostraron que, en la mayoría de los puntos evaluados, la calidad del agua fue clasificada como “buena”, indicando desviaciones ocasionales de las condiciones óptimas; sin embargo, en el punto

3 se obtuvo una calificación de “regular”, lo que refleja una mayor alteración y la necesidad de tratamiento. Además, se detectaron superávits en índices como DBO, DQO y oxígeno disuelto durante el primer ciclo de evaluación, superando los estándares de calidad ambiental establecidos. En la segunda fase, se observó una abundancia de oxígeno disuelto en los puntos 1 y 2, mientras que en el punto 3 persistieron los niveles alarmantes de DBO y DQO, revelando un declive puntual en la calidad del agua.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua del Río llave mediante la determinación de los parámetros físico-químicos en la provincia de El Collao - Puno, 2026.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros físicos del Río llave en la provincia de El Collao - Puno, 2026.
- Determinar la concentración de los parámetros químicos del Río llave en la provincia de El Collao - Puno, 2026.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. CALIDAD DEL AGUA

La pureza del agua se define como el conjunto de atributos físicos, químicos y biológicos que evalúan su aptitud para diversas aplicaciones, tales como el consumo humano, el esparcimiento, la agricultura, las industrias y la preservación de los entornos acuáticos. Estas características son analizadas a través de múltiples métricas tangibles, permitiendo determinar si el agua se ajusta a las normativas actuales, tanto nacionales como globales. El Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM dicta los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, estableciendo los límites máximos tolerables de diversas sustancias y condiciones en las aguas superficiales. Estos estándares constituyen una herramienta fundamental para la evaluación de la calidad del agua en fuentes como el Río Ilave, permitiendo determinar su estado y su aptitud para diversos usos (Sáez et al., 2022).

La pureza del agua no es una constante inmutable, sino un estado cambiante que puede fluctuar según el uso del recurso, las peculiaridades del entorno y la intervención humana en la cuenca. Por esta razón, es considerada un indicador fundamental del estado ambiental de un ecosistema.

La evaluación de la calidad del agua comprende el análisis de diversos parámetros, entre los que destacan el pH, la conductividad eléctrica, la turbidez y los sólidos disueltos totales. Asimismo, se incluyen indicadores químicos como la demanda bioquímica de

oxígeno (DBO_5), la demanda química de oxígeno (DQO), la presencia de nutrientes —como nitratos y fosfatos y la concentración de metales pesados (Larrea et al., 2022).

2.1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA

La pureza del agua es esencial para salvaguardar la salud de la población, preservar la armonía del entorno y garantizar el progreso sostenible de las actividades humanas; si no se respetan los estándares mínimos, puede transformarse en un trampolín de enfermedades infecciosas, desencadenar toxicidad crónica por la presencia de metales pesados y desencadenar repercusiones económicas adversas en ámbitos como la agricultura, el turismo y la pesca, por lo que su monitoreo y vigilancia son esenciales en las políticas de gestión ecológica responsable. (Guajardo et al., 2021).

En el ámbito del ecosistema, la pureza del agua preserva las actividades vitales de ríos y lagos, asegura la variedad de especies acuáticas y robustece la capacidad de los sistemas para resiliencia ante calamidades como sequías, inundaciones o episodios de polución; en las urbes, donde la expansión demográfica y la escasez de infraestructuras de tratamiento elevan la polución, el control de la calidad del agua cobra una relevancia crucial, no solo para evitar riesgos sanitarios, sino también para despertar la conciencia ciudadana y la ejecución de políticas públicas holísticas. (Intriago & Quiroz, 2021).

2.1.3. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA

Diversos factores influyen significativamente en la calidad del agua superficial, entre los cuales destacan las actividades domésticas, como el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento adecuado; las actividades industriales, mediante la descarga de efluentes altamente contaminantes; las prácticas agrícolas intensivas, asociadas al uso excesivo de fertilizantes y pesticidas; y la actividad minera, que implica la liberación de metales pesados y sustancias tóxicas; de igual manera, factores naturales como la geología de la cuenca hidrográfica, el régimen de precipitaciones y el impacto del cambio climático también inciden de manera significativa en la variación de las concentraciones de los parámetros evaluados (Arce et al., 2022).

La pureza del agua también está influenciada por la educación ecológica de la comunidad, la existencia de servicios esenciales, el estado de las infraestructuras hidráulicas y la eficacia de la vigilancia gubernamental; en urbes con crecimiento desordenado, la incorrecta disposición de desechos y la invasión de las fajas marginales aceleran el deterioro de los ríos. (Menone et al., 2021).

2.1.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN NORMATIVAS

En el Perú, la pureza del agua se evalúa conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, dictados por el Decreto Supremo N.o 004-2017-MINAM, que establecen los límites máximos tolerables para diversos parámetros físico-químicos y biológicos, según el propósito del recurso, ya sea para el consumo humano, el riego, la recreación o la protección de la flora y fauna. La observancia de estos estándares permite catalogar los cuerpos acuáticos como idóneos o inadecuados para ciertos propósitos (Decreto Supremo No 004, 2017).

La comparación entre los hallazgos de laboratorio y los estándares de calidad ambiental (ECA) revela la contaminación de un líquido vital y guía la elección sobre su tratamiento, recuperación o uso limitado; en este sentido, esta normativa se erige como un pilar esencial para la administración holística de los recursos hídricos, salvaguardando tanto la salud pública como el entorno natural (Decreto Supremo No 004, 2017).

2.1.5. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA

Los índices físicoquímicos del agua son métricas medibles que revelan su condición y calidad ecológica a través del estudio de sus características físicas y químicas. Se utilizan para detectar alteraciones en el agua provocadas por agentes contaminantes, ya sean naturales o artificiales, y su vigilancia es crucial para asegurar que un líquido vital cumpla con las normas ambientales vigentes (Jimenez, 2023).

En el ámbito de la evaluación ambiental, el análisis físicoquímico se erige como un pilar fundamental, proporcionando cifras precisas sobre la existencia de sustancias o condiciones que pueden comprometer la salud pública y la armonía de los ecosistemas acuáticos. En Perú, se consideran los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua,

dictados por el Decreto Supremo N.o 004-2017-MINAM, los cuales establecen los límites máximos tolerables para cada parámetro según el uso asignado al recurso hídrico (Decreto Supremo No 004, 2017).

2.1.5.1. Parámetros físicos del agua

Los atributos físicos del agua, tales como su tonalidad, fragancia, temperatura, turbidez y conductividad, aunque no siempre sugieren un peligro inmediato para la salud, son señales cruciales de la posible presencia de contaminantes, el estado del ecosistema y la repercusión de las acciones humanas en la cuenca (CEPAL, 2022).

- **Temperatura (°C):** La temperatura del agua ejerce una influencia directa sobre la solubilidad del oxígeno, la velocidad de las reacciones químicas, el metabolismo de los organismos acuáticos y la toxicidad de determinadas sustancias; un incremento en este parámetro puede disminuir la concentración de oxígeno disuelto, favoreciendo procesos como la eutrofización y la muerte de especies sensibles (Aconsa, 2021).
- **pH (Potencial de Hidrógeno):** El pH es un parámetro que indica la concentración de iones hidrógeno en el agua y permite determinar si esta presenta carácter ácido, neutro o alcalino; para la vida marina, el rango ideal se encuentra entre 6.5 y 8.5, pues valores más allá de estos umbrales pueden perturbar la disolución de metales pesados, comprometer la seguridad celular de los seres vivos y alterar la armonía global del ecosistema (Aconsa, 2021).
- **Turbidez (NTU):** La turbidez es un parámetro que indica la presencia de partículas en suspensión en el agua que disminuyen su transparencia, las cuales pueden estar constituidas por sedimentos, materia orgánica, algas o contaminantes de origen industrial; niveles elevados de turbidez afectan la penetración de la luz y la fotosíntesis en los ecosistemas acuáticos, además de favorecer la presencia de microorganismos patógenos que pueden adherirse a dichas partículas (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Conductividad eléctrica (µS/cm):** La conductividad eléctrica es un indicador que revela la habilidad del agua para transportar corriente eléctrica, íntimamente ligada a la

concentración de iones disueltos, como sales minerales, cloruros y nitratos; valores elevados pueden revelar una carga iónica elevada, frecuentemente vinculada a contaminaciones urbanas, agrícolas o industriales. Valores elevados pueden revelar una carga iónica elevada, frecuentemente vinculada a fuentes de contaminación urbana, agrícola o industrial. Valores elevados pueden revelar una carga iónica elevada, frecuentemente vinculada a fuentes de contaminación urbana, agrícola o industrial (Autoridad Nacional del Agua, 2020).

- **Sólidos totales disueltos (STD o TDS):** Los sólidos disueltos totales (SDT) son la mezcla de sales inorgánicas y diminutas porciones de compuestos orgánicos en el agua; altos niveles de este parámetro pueden modificar el sabor, provocar obstáculos en la agricultura como el riego y perturbar el balance osmótico de los seres acuáticos, poniendo en jaque su evolución y existencia (Costa, 2021).

2.1.5.2. Parámetros químicos del agua

Los análisis químicos del agua revelan compuestos específicos que, en ciertos niveles, pueden ser amenazas para el entorno y la salud humana; estos abarcan nutrientes, compuestos orgánicos e inorgánicos, y aquellas cuya descomponencia requiere el uso del oxígeno (CEPAL, 2022).

- **Oxígeno disuelto (OD):** El oxígeno disuelto es uno de los índices más cruciales de la pureza del agua, revelando la capacidad de los seres acuáticos para respirar; niveles bajos, inferiores a 5 mg/L, pueden provocar estrés en peces y macroinvertebrados, mientras que niveles extremos pueden desencadenar su desaparición (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):** La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es un parámetro que expresa la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos aeróbicos para descomponer la materia orgánica biodegradable presente en el agua durante un periodo estándar de cinco días; valores elevados de este indicador reflejan una alta carga de contaminación orgánica, generalmente vinculada a descargas de aguas residuales domésticas o efluentes industriales (Aconsa, 2021).

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La demanda química de oxígeno (DQO) cuantifica el oxígeno necesario para oxidar tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable en una muestra de agua; este indicador es crucial para calcular la carga orgánica total y se emplea como un termómetro de la eficacia en la gestión de aguas residuales (Aconsa, 2021).
- **Fósforo total (PT):** El fósforo es un nutriente esencial en bajas concentraciones, pero su presencia en niveles elevados puede provocar procesos de eutrofización; generalmente proviene de fuentes como detergentes, aguas residuales domésticas y escorrentía agrícola, favoreciendo el crecimiento excesivo de algas en los cuerpos de agua (Costa, 2021).
- **Nitrógeno (NO_2 , NO_3 , NH_4^+):** El nitrógeno en el agua se presenta en distintas formas, como nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal, y su origen está asociado a excretas humanas y animales, fertilizantes agrícolas y desechos industriales; en concentraciones elevadas, estos compuestos pueden afectar negativamente la vida acuática y, en el caso de los nitratos, representar un riesgo para la salud humana al provocar afecciones como la metahemoglobinemia en lactantes (Costa, 2021).
- **Cloruros (Cl⁻):** Los cloruros, en cantidades moderadas, son esenciales en el líquido vital; sin embargo, su exceso puede revelar polución derivada de desechos, lixiviados o infiltraciones industriales, alterando tanto el sabor como el crecimiento de la vida acuática (Aconsa, 2021).

2.1.6. IMPORTANCIA DE EVALUAR PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

El análisis de los parámetros físicoquímicos del agua revela el estado de un líquido vital y revela si cumple con las normativas vigentes para diversos usos del recurso; además, simplifica la detección de fuentes contaminantes tanto locales como globales, ayuda a diseñar tácticas de restauración ecológica, guía la elaboración de políticas hídricas y señala las zonas que demandan atención urgente (Osorio et al., 2021).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Agua:** El agua es una sustancia esencial formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O), indispensable para el desarrollo de todos los procesos biológicos, ecológicos y socioeconómicos; su disponibilidad y calidad resultan fundamentales para la salud humana, la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad del desarrollo (Fernández & Guardado, 2021).
- **Aguas superficiales:** Los manantiales superficiales, tales como ríos, lagos, lagunas y embalses, son vitales para el consumo humano, la agricultura y la industria, y debido a su proximidad al entorno, son extremadamente frágiles ante la contaminación (Osorio et al., 2021).
- **Calidad del agua:** Conjunto de características físicas, químicas y biológicas que definen la aptitud del agua para un propósito específico, evaluada a través de indicadores o parámetros que revelan la contaminación o la pureza del manantial (Puente et al., 2023).
- **Cloruros (Cl^-):** Iones que habitan en el líquido vital, pero cuya abundancia excesiva puede revelar polución por desechos, actividades industriales o intrusión salina; estos son fundamentales para determinar el nivel de salinidad del recurso hídrico y evaluar sus posibles efectos en el consumo humano, el uso agrícola y el equilibrio ambiental (CEPAL, 2022).
- **Conductividad eléctrica ($\mu S/cm$):** La capacidad del agua para transportar corriente eléctrica está íntimamente ligada a la concentración de sales disueltas; este parámetro actúa como un indicio indirecto de la presencia de contaminantes iónicos y del nivel de salinidad del agua (Aconsa, 2021).
- **Cumplimiento de los ECA:** Condición en la que la calidad del agua se mantiene dentro de los límites estipulados por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), establecidos por la legislación nacional, con el propósito de salvaguardar la salud humana y mantener la armonía de los entornos acuáticos (Decreto Supremo N° 004, 2017).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** La necesidad de oxígeno disuelto de los microorganismos aeróbicos para descomponer la materia orgánica biodegradable contenida en una muestra de agua es la DBO; este parámetro es fundamental para determinar el grado de contaminación orgánica y permite estimar el impacto ambiental asociado a la descarga de aguas residuales de origen doméstico o industrial (Aconsa, 2021).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La necesidad química de oxígeno (DQO) revela cuánto oxígeno es necesario para oxidar tanto la materia orgánica como la inorgánica en una muestra de agua; este indicador permite calcular la carga total de contaminantes y se erige como un índice esencial para medir la calidad del agua y evaluar la eficacia de los métodos de tratamiento. (CEPAL, 2022).
- **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua:** Valores máximos de concentración de contaminantes permitidos en los cuerpos de agua, establecidos por la normativa nacional como el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM en el caso de Perú con el objetivo de proteger la salud humana y preservar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos (Decreto Supremo N° 004, 2017).
- **Fósforo Total (PT):** La concentración total de fósforo en el agua corresponde a la suma de todas sus formas presentes, tanto orgánicas como inorgánicas, principalmente en forma de fosfatos; cuando se encuentra en exceso, puede desencadenar procesos de eutrofización, afectando negativamente la biodiversidad y la calidad del recurso hídrico (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Incumplimiento de los ECA:** Condición en la que uno o varios parámetros del agua superan los estándares de calidad ambiental, lo que podría desencadenar un peligro potencial para el entorno y la salud colectiva (Decreto Supremo N° 004, 2017).
- **Nitrito (NO₂), Nitrate (NO₃) y Nitrógeno Amoniacal (NH₄⁺-N):** Abundan las variedades de nitrógeno en el líquido vital, ya sean derivadas de procesos naturales o contaminadas; niveles elevados pueden revelar polución proveniente de fertilizantes,

vertidos de aguas residuales o procesos de descomposición orgánica (Autoridad Nacional del Agua, 2020).

- **Oxígeno Disuelto (OD):** Cantidad de oxígeno disuelto en el agua que se encuentra disponible para los organismos acuáticos, el cual resulta esencial para su supervivencia; concentraciones bajas pueden ser indicativas de contaminación por materia orgánica y del deterioro del ecosistema acuático (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Parámetros fisicoquímicos del agua:** Conjunto de variables de carácter físico y químico utilizadas para determinar la calidad del agua, entre las cuales se incluyen el pH, la temperatura, la conductividad eléctrica, la turbidez, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO), entre otros indicadores que permiten evaluar el estado del recurso hídrico (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Parámetros físicos del agua:** Características del agua que pueden ser observadas y medidas directamente, tales como la temperatura, turbidez, color, olor y sólidos suspendidos, las cuales son esenciales para el monitoreo y evaluación de la calidad del recurso hídrico (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Parámetros químicos del agua:** Sustancias presentes en el agua en estado disuelto, que pueden tener origen natural o ser resultado de procesos de contaminación, incluyendo nutrientes, metales pesados, sales y compuestos orgánicos e inorgánicos (Rodríguez et al., 2022).
- **Potencial de Hidrógeno (pH):** El pH del agua se mide a través de una escala de 0 a 14; el ideal para la mayoría de los seres acuáticos se encuentra entre 6.5 y 8.5, aunque valores extremos pueden comprometer la existencia de la vida acuática y alterar la solubilidad de otros contaminantes en el entorno. (Costa, 2021).
- **Ríos:** Corrientes de agua que bailan sin cesar por un camino fijo, tejiendo ecosistemas vibrantes vitales para la rica diversidad biológica y el sustento humano; no obstante, también son extremadamente frágiles ante los embates de la contaminación (Lupi et al., 2022).

- **Sólidos Totales Disueltos (STD):** Cantidad total de compuestos orgánicos e inorgánicos disueltas en el líquido vital; niveles elevados pueden modificar el sabor del agua, mermar su pureza y poner en jaque su empleo en cultivos y fábricas (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Temperatura (°C):** Medida que revela la temperatura del líquido vital, influyendo directamente en la disolución del oxígeno, la vitalidad de los seres vivos y la danza química en los océanos. (Costa, 2021).
- **Turbidez (UNT):** La transparencia del agua, provocada por la danza de partículas suspendidas, como arcillas, materia orgánica y microorganismos, se erige como un indicio visual de polución y puede afectar los métodos de purificación del agua potable (Costa, 2021).

2.3. MARCO NORMATIVO

- Constitución Política del Perú (1993):** En su artículo 2 inciso 22, proclama el derecho esencial de cada individuo a gozar de un entorno armonioso y apto para su existencia; además, en su artículo 66, señala que los tesoros naturales, incluyendo el agua, son tesoros de la nación y deben ser gestionados de forma sostenible y prudente, bajo la vigilancia y regulación del Estado
- Ley N.º 29338 – Ley de Recursos Hídricos:** Esta normativa erige al agua como un recurso esencial para la existencia y el progreso, impulsando su administración de forma holística, descentralizada y colaborativa. Además, dicta que la Autoridad Nacional del Agua (ANA) es la entidad responsable de asegurar la abundancia y excelencia del agua en todo el país, vigilando y controlando las fugas que puedan perjudicar tanto las aguas superficiales como las subterráneas.
- Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM:** Adopta los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, un pilar técnico esencial para medir la excelencia del líquido vital; esta regulación fija los límites máximos tolerables de diversos parámetros físicos, químicos y biológicos, adaptándose a las aplicaciones del agua, ya sea para el consumo humano, el riego, la recreación o la protección de la vida acuática. En consecuencia, los

hallazgos de esta investigación serán contrastados con esos estándares oficiales, permitiendo así evaluar cuán bien se cumplen o no con las normativas vigentes en el país.

d. Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA: Adopta el Protocolo Nacional para la Supervisión de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, el cual dicta directrices técnicas uniformes para recolectar, almacenar y transportar muestras en el terreno, garantizando que los datos recolectados sean auténticos, comparables y técnicamente confiables.

e. Ley N.º 28611 – Ley General del Ambiente: Refuerza el principio de precaución y impone la obligación tanto del Estado como de la sociedad en salvaguardar el agua y los demás elementos del entorno; además, dicta que las acciones humanas deben ejecutarse dentro de un marco de sostenibilidad, destacando la excelencia del agua como un pilar fundamental para la salud colectiva y la preservación de los ecosistemas.

f. Ley N.º 27446 – Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA): Esta normativa se enfoca principalmente en iniciativas de inversión, dictando directrices técnicas para la obtención de datos ambientales fiables utilizando herramientas científicas; en este sentido, fomenta la adopción de metodologías rigurosas como las utilizadas en este estudio y subraya la relevancia de disponer de datos analíticos previos que faciliten decisiones ecológicas con ética.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua del Río llave, según la concentración de los parámetros físico-químicos evaluados, no cumple con los estándares de calidad ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Las concentraciones de los parámetros físicos del Río llave superan los estándares de calidad ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, en la provincia de El Collao - Puno, 2026.

- Las concentraciones de los parámetros químicos del Río Ilave superan los estándares de calidad ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, en la provincia de El Collao - Puno, 2026.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde al Río llave, ubicado en la provincia de El Collao, región Puno. Este cuerpo de agua forma parte de la cuenca hidrográfica del Lago Titicaca y constituye una de las principales fuentes hídricas de la zona, desempeñando un rol importante en el desarrollo de actividades como la agricultura, la ganadería y el abastecimiento de agua para las poblaciones cercanas.

El área de influencia se encuentra en un entorno predominantemente altoandino, caracterizado por condiciones climáticas frías y variaciones estacionales en la disponibilidad de agua, factores que influyen en la dinámica hidrológica del río. Asimismo, en sus alrededores se desarrollan actividades humanas como la ganadería, la agricultura y asentamientos poblacionales, las cuales pueden incidir en la calidad del recurso hídrico debido a posibles descargas de residuos sólidos y líquidos.

El río llave representa un sistema hídrico de importancia ambiental y socioeconómica, por lo que su evaluación mediante parámetros físico-químicos resulta relevante para determinar su estado de calidad y su aptitud de uso.



Figura 01: Ubicación del lugar de investigación Ilave, Puno - Perú.

Fuente: Google Earth

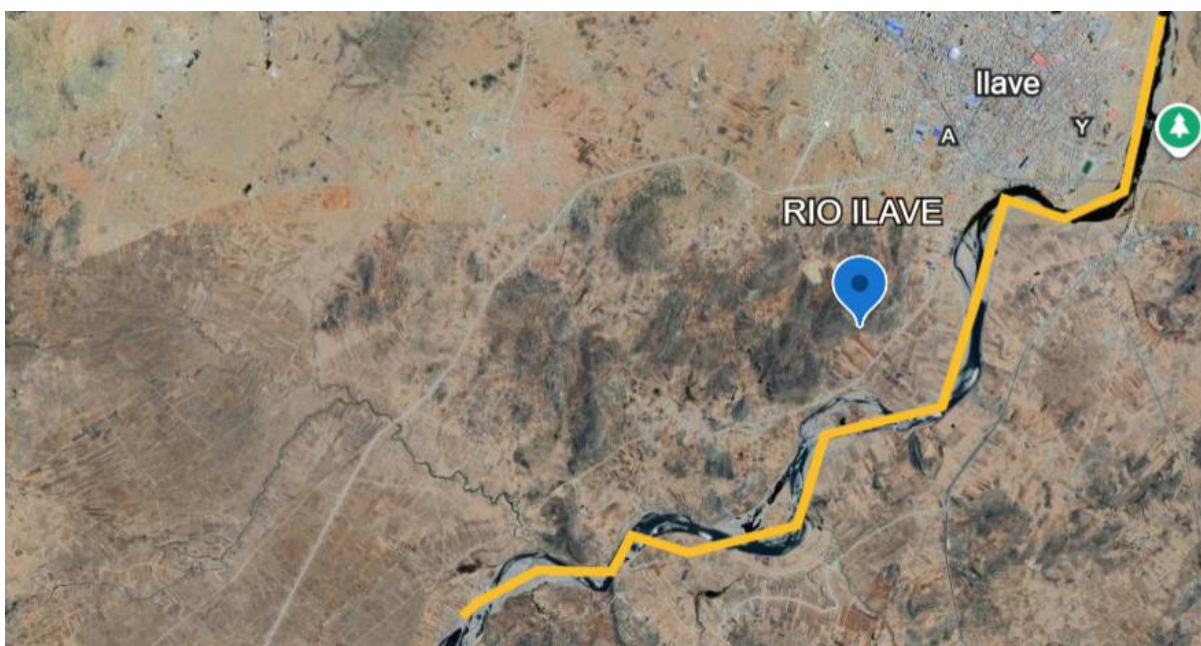


Figura 02: Ubicación del río Ilave, ubicado en la ciudad de Ilave.

Fuente: Google Earth.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población del presente estudio está constituida por la totalidad del recurso hídrico del Río Ilave, ubicado en la provincia de El Collao, región Puno. Este cuerpo de agua

comprende todo su recorrido dentro del área de influencia del estudio, incluyendo sus diferentes tramos y zonas de interacción con actividades humanas, agrícolas y pecuarias. Asimismo, la población está representada por el conjunto de masas de agua presentes en el río, las cuales pueden presentar variaciones en sus características físico-químicas debido a factores naturales y antrópicos a lo largo de su curso. En este sentido, el río llave en su totalidad constituye el universo de análisis sobre el cual se pretende evaluar la calidad del agua mediante la determinación de parámetros físico-químicos.

3.2.2. MUESTRA

La muestra del presente estudio estuvo conformada por tres puntos de muestreo seleccionados estratégicamente a lo largo del Río llave, en la provincia de El Collao, región Puno. Estos puntos fueron determinados considerando su accesibilidad, representatividad y la influencia de posibles actividades antrópicas en cada sector del río. En cada punto de muestreo se recolectaron muestras de agua superficial, las cuales fueron analizadas en laboratorio para la determinación de parámetros físicos y químicos. La selección de esta muestra permitió obtener información representativa sobre la calidad del agua del río y facilitó la comparación de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) DS. 004-2017 MINAM.

Tabla 01: Ubicación de las estaciones de muestreo en el río llave.

Muestra	Coordenadas geográficas		llave (msnm)	Ubicación
	Latitud	Longitud		
Muestra 1	-15.491363	-70.117368	3840	Río llave
Muestra 2	-15.493000	-70.118900	3837	Río llave
Muestra 3	-15.495126	-70.120223	3835	Río llave

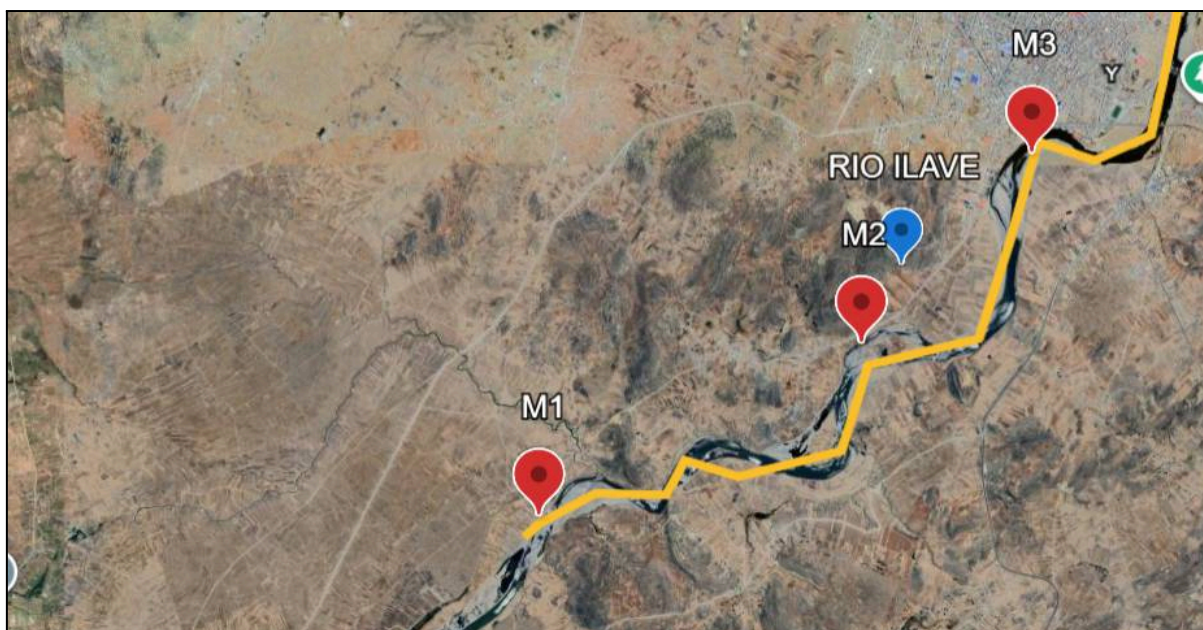


Figura 03: Ubicación de los tres puntos de muestreo en el río Ilave.

Fuente: Google Earth.

3.3. MÉTODOS Y MATERIALES

3.3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, ya que se basó en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a partir de la medición de parámetros físico-químicos del agua del Río Ilave, ubicado en la provincia de El Collao, región Puno. Este enfoque permitió realizar una evaluación objetiva de la calidad del recurso hídrico mediante los resultados de laboratorio.

Asimismo, el enfoque cuantitativo facilitó la comparación de los valores obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en la normativa nacional, lo que permitió determinar el grado de cumplimiento o incumplimiento de los límites permisibles y, en consecuencia, el diagnóstico del estado de calidad del agua se realizó de manera técnica y verificable.

3.3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio corresponde a una investigación de tipo aplicada, debido a que buscó generar conocimientos útiles de aplicación práctica orientado a la evaluación de la calidad del agua del Río Ilave, ubicado en la provincia de El Collao, región Puno.

Este tipo de investigación permitió utilizar los resultados obtenidos a partir del análisis de parámetros físico-químicos para diagnosticar el estado del recurso hídrico y contribuir a la toma de decisiones relacionadas con su gestión y posible conservación. Asimismo, los hallazgos podrán servir como base para la implementación de medidas correctivas o preventivas frente a la contaminación del agua en el área de estudio.

3.3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio corresponde a un diseño no experimental, debido a que las variables de estudio no fueron manipuladas deliberadamente, sino que se presentan tal como ocurre en su contexto natural. Asimismo, corresponde a un diseño de corte transversal, ya que la recolección de datos se realizará en un único momento, mediante el análisis de muestras de agua del Río llave, ubicado en la provincia de El Collao, región Puno.

Este diseño permite describir y evaluar la calidad del agua en función de los parámetros físico-químicos analizados, sin intervenir en las condiciones naturales del recurso hídrico.

3.2.4. DISEÑO ESTADÍSTICO

El análisis de los datos se realizará mediante estadística descriptiva, utilizando medidas como promedio, valores máximos, mínimos y desviación estándar para cada parámetro físico-químico evaluado.

Posteriormente, los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, con el que se determinó el nivel de cumplimiento o incumplimiento de los límites permisibles. Esta comparación permitirá clasificar la calidad del agua del río llave de manera técnica y objetiva.

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

3.4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01

Determinar la concentración de los parámetros físicos del Río llave en la provincia de El Collao - Puno, 2026.

Técnica de muestreo y referencia normativa:

La recolección de muestras se llevó a cabo conforme al "Manual Nacional para la Supervisión de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales", dictado por la Resolución Jefatura N.o 010-2016-ANA. Este protocolo aseguró que la recolección de muestras se ajustara a normas de representatividad, limpieza, seguridad y conservación adecuada.

Se aplicó una táctica de muestreo selectivo en tres puntos emblemáticos del río llave, seleccionados según su ubicación y posible impacto de actividades antrópicas, abarcando los segmentos de aguas arriba, zona intermedia y aguas abajo, ofreciendo así una panorámica exhaustiva de la metamorfosis física a lo largo de su trayecto.

Materiales y equipos utilizados: Los siguientes materiales fueron utilizados para la recolección de muestras físicas de agua, garantizando condiciones óptimas para su análisis posterior:

Tabla 02: Materiales utilizados.

Descripción	Cantidad
Botellas de vidrio.	02
Libreta de campo.	01
Cámara fotográfica.	01
Computadora personal (Laptop)	01
Alcohol	01
Otros (EPPS)	01

Procedimiento para la toma de muestras físicas:

- **Paso 1:** Se tomó el recipiente con precaución, retirando la tapa sin tocar la parte interna del frasco.
- **Paso 2:** Los frascos se enjuagaron tres veces con agua del mismo punto de muestreo para evitar contaminación por sustancias residuales.

- **Paso 3:** El frasco se sostuvo por la base del cuello y se introducirá en sentido opuesto al flujo del agua. Es importante que no se llegue hasta el borde del frasco para evitar recoger partículas o sedimentos del fondo.
- **Paso 4:** Se evitó el contacto del recipiente con las paredes del cauce o con otros materiales sólidos.
- **Paso 5:** Se tomó nota de las condiciones ambientales del lugar, incluyendo temperatura ambiental, hora, coordenadas y características visuales del agua.
- **Paso 6:** Una vez cerrados, los frascos se almacenarán en un enfriador portátil a una temperatura aproximada de 4 °C, sin congelarse, hasta su envío al laboratorio.

Parámetros físicos a evaluar: En esta etapa, se analizaron los siguientes parámetros físicos en el laboratorio especializado:

- Temperatura
- pH
- Conductividad eléctrica
- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Turbidez

Destino final de las muestras: Las muestras, una vez recolectadas, preservadas y debidamente identificadas, fueron remitidas al laboratorio de aguas correspondiente para su análisis físico, siguiendo los lineamientos establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, con el fin de asegurar su evaluación conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) aplicables a cuerpos de agua superficiales.

3.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02

Determinar la concentración de los parámetros químicos del Río Ilave en la provincia de El Collao - Puno, 2026.

Técnica de muestreo y referencia normativa:

La recolección de muestras para el análisis químico del agua se realizó conforme al “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, aprobado mediante la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA. Este

protocolo establece lineamientos técnicos que aseguran la representatividad, integridad y adecuada conservación de las muestras.

Las muestras fueron tomadas en tres puntos estratégicos del cauce del río llave, considerando tramos de aguas arriba, zona intermedia y aguas abajo, lo que permitirá abarcar sectores con diferentes niveles de influencia de actividades antrópicas. Esta distribución facilitará la evaluación comparativa de los parámetros químicos a lo largo del curso del río.

Materiales y equipos utilizados: Los siguientes materiales serán empleados exclusivamente para la recolección y conservación de muestras químicas:

Tabla 03: Equipos utilizados.

Descripción	Cantidad
Frascos de boca ancha para análisis de DBO	2
Hielera portátil con acumuladores de frío	1
Etiquetas impermeables para identificación	1
Conservantes químicos (según parámetro)	1
Libreta de campo técnica	1
Termómetro digital (verificación de cadena fría)	1
EPPS (guantes, mandil, mascarilla)	1

Procedimiento para la toma de muestras químicas

- **Paso 1:** Se utilizaron frascos limpios, previamente lavados y esterilizados. Cada frasco será enjuagado con agua de la misma muestra antes de llenarlo.
- **Paso 2:** Los frascos se sumergieron cuidadosamente en dirección contraria al flujo del agua, evitando el ingreso de sedimentos y burbujas.
- **Paso 3:** Para los análisis de DBO5 y DQO, los frascos se llenaron por completo, evitando la presencia de aire, y se cerraron de inmediato para prevenir la oxidación.

- **Paso 4:** Se aplicó conservantes específicos para los parámetros que lo requieran (por ejemplo, ácido sulfúrico para DQO), según la normativa técnica.
- **Paso 5:** Las muestras fueron rotuladas correctamente con fecha, código, hora, ubicación y nombre del parámetro a analizar.
- **Paso 6:** Se almacenaron inmediatamente en una hielera portátil a aproximadamente 4 °C, sin permitir la congelación, y serán transportadas al laboratorio el mismo día del muestreo.

Parámetros químicos a evaluar: Los parámetros químicos analizados en las muestras del río Torococha fueron son los siguientes:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Oxígeno disuelto
- Aceites y grasas
- Nitratos (NO_3^-)
- Fosfatos (PO_4^{3-})

Destino final de las muestras: Las muestras, debidamente identificadas, rotuladas y conservadas bajo condiciones adecuadas, fueron trasladadas a un laboratorio de aguas especializado para la realización de los análisis fisicoquímicos correspondientes; durante el proceso se respetaron los procedimientos de cadena de custodia y conservación, con el fin de garantizar la integridad y confiabilidad de las muestras. El análisis se efectuó siguiendo los métodos estandarizados establecidos en el Manual de Métodos Analíticos del MINAM, lo que asegura la precisión y validez de los resultados obtenidos. Posteriormente, los valores determinados serán comparados con los límites permisibles establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para cuerpos de agua superficial, según lo dispuesto en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, permitiendo evaluar el grado de cumplimiento de la normativa vigente y determinar el estado de la calidad del agua.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente: Parámetros fisicoquímicos del agua	Parámetros físicos del agua	Turbidez (UNT)
		Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
		Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
		Sólidos Totales Disueltos (STD)
		Potencial de Hidrógeno (pH)
	Parámetros químicos del agua	Demanda Química de Oxígeno (DQO)
		Fósforo Total (PT)
		Oxígeno Disuelto (OD)
		Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
		Nitrito (NO_2), Nitrato (NO_3) y Nitrógeno Amoniacal ($\text{NH}_4^+\text{-N}$)
Variable Dependiente: Calidad del agua	Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua	Cloruros (Cl^-)
		Cumplimiento de los ECA Incumplimiento de los ECA

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ILAVE MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN LA PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO, 2026

Con base en los resultados obtenidos en las tres muestras (M1: aguas arriba, M2: zona media y M3: aguas abajo), el análisis evidencia que la calidad del agua del río Ilave presenta un deterioro progresivo a lo largo de su curso, pasando de condiciones relativamente aceptables en la parte alta a un estado comprometido en el tramo inferior. Este comportamiento se caracteriza por el incremento de la carga de sólidos, sales disueltas, materia orgánica y nutrientes, así como por la disminución del oxígeno disuelto, lo que refleja la influencia de actividades antrópicas en la cuenca.

Los resultados muestran los valores de los parámetros turbidez (8.5 - 45.7 NTU), conductividad eléctrica (320 - 890 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y sólidos disueltos totales (210 - 620 mg/L) aumentan considerablemente en las aguas abajo, evidenciando una mayor concentración de partículas y compuestos disueltos en el agua. Asimismo, los parámetros químicos presentan un comportamiento similar, destacando el incremento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5 : 3.2 - 18.7 mg/L) y la demanda química de oxígeno (DQO: 10.5 - 48.6 mg/L), lo que indica una creciente carga de materia orgánica y sustancias oxidables.

De igual manera, se observa una disminución significativa del oxígeno disuelto (7.8 - 3.9 mg/L), lo cual sugiere condiciones cada vez menos favorables para la vida acuática, especialmente en el punto aguas abajo. Los nutrientes, como nitratos (1.5 – 9.6 mg/L) y

fosfatos (0.4 - 2.8 mg/L), presentan concentraciones crecientes, lo que podría favorecer procesos de eutrofización. En conjunto, estos resultados permiten afirmar que el objetivo general se cumple, al evidenciar mediante datos cuantitativos que la calidad del agua del río llave se ve afectada por procesos de contaminación de origen principalmente antrópico.

4.1.1. ESTADO FÍSICO-QUÍMICO: RANGOS

- **pH:** 7.2 - 8.1 → valores dentro del rango neutro a ligeramente alcalino, adecuados para la mayoría de organismos acuáticos, aunque con tendencia a la alcalinidad en el tramo inferior.
- **Temperatura:** 11.5 - 14.8 °C → variación moderada, influenciada por condiciones ambientales y la exposición del cuerpo de agua.
- **Conductividad eléctrica:** 320 - 890 $\mu\text{S}/\text{cm}$ → incremento notable hacia aguas abajo, indicando una mayor concentración de sales disueltas y posibles aportes de origen antrópico.
- **Sólidos disueltos totales (SDT):** 210 - 620 mg/L → valores en aumento, asociados a la presencia de compuestos minerales y orgánicos disueltos.
- **Turbidez:** 8.5 - 45.7 NTU → incremento significativo, evidenciando mayor presencia de partículas en suspensión y arrastre de sedimentos.

4.1.2. CARGA ORGÁNICA Y OXIGENACIÓN

- **Oxígeno disuelto (OD):** 7.8 - 3.9 mg/L → disminución progresiva; en el punto aguas abajo se alcanzan valores que pueden generar estrés en organismos acuáticos.
- **DBO₅:** 3.2 - 18.7 mg/L → aumento considerable, indicando una mayor demanda de oxígeno para la descomposición de materia orgánica biodegradable.
- **DQO:** 10.5 - 48.6 mg/L → incremento que refleja la presencia de materia orgánica e inorgánica susceptible de oxidación.

El comportamiento conjunto de estos parámetros evidencia un proceso de contaminación orgánica, posiblemente asociado a descargas de aguas residuales domésticas o escurrentía con contenido orgánico.

4.1.3. NUTRIENTES Y SALES

- **Nitratos:** 1.5 - 9.6 mg/L → incremento progresivo, asociado a actividades agrícolas y aportes de materia orgánica.
- **Fosfatos:** 0.4 - 2.8 mg/L → valores elevados en el tramo inferior, lo que puede favorecer procesos de eutrofización.
- **Cloruros:** 35 - 140 mg/L → aumento sostenido, relacionado con descargas de origen doméstico o urbano.

Estos resultados evidencian un enriquecimiento nutricional del agua, lo cual puede alterar el equilibrio ecológico del ecosistema acuático.

4.1.4. GRADIENTE ESPACIAL (M1–M3): ZONAS MÁS IMPACTADAS

El análisis espacial muestra que la muestra M3 (aguas abajo) presenta los valores más críticos en la mayoría de los parámetros evaluados, incluyendo turbidez (45.7 NTU), conductividad eléctrica (890 μ S/cm), SDT (620 mg/L), DBO₅ (18.7 mg/L), DQO (48.6 mg/L), nitratos (9.6 mg/L) y fosfatos (2.8 mg/L), además del nivel más bajo de oxígeno disuelto (3.9 mg/L).

Por su parte, la muestra M2 (zona media) presenta valores intermedios, lo que sugiere un proceso gradual de acumulación de contaminantes a lo largo del recorrido del río. En contraste, la muestra M1 (aguas arriba) registra las mejores condiciones, aunque no exentas de alteración.

Este patrón evidencia un gradiente de contaminación creciente, donde el tramo inferior del río constituye la zona más impactada, posiblemente debido a la acumulación de descargas y al arrastre de contaminantes provenientes de actividades humanas desarrolladas en la cuenca.

4.2. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL RÍO ILAVE EN LA PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO, 2026

El análisis de los parámetros físicos del río llave evidencia un comportamiento progresivo de deterioro en la calidad del agua a lo largo de su recorrido, especialmente desde el punto aguas arriba (M1) hacia el punto aguas abajo (M3). Si bien la temperatura se

mantiene dentro de rangos normales para un sistema altoandino, parámetros como la turbidez, la conductividad eléctrica (CE) y los sólidos disueltos totales (SDT) muestran incrementos significativos, lo que refleja una mayor presencia de partículas en suspensión y sales disueltas.

Estos resultados sugieren la influencia de actividades antrópicas, como el vertimiento de aguas residuales, escorrentía superficial y arrastre de materiales, especialmente en los tramos intermedio y final del río. En consecuencia, el objetivo específico se cumple al evidenciar, mediante datos cuantitativos, que los parámetros físicos presentan una tendencia de degradación de la calidad del agua.

Parámetros analizados: temperatura, turbidez, conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT).

4.2.1. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

Tabla 05: Resultados de los análisis físicos en M1, M2 y M3

Punto de muestreo	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	CE (μS/cm)	SDT (mg/L)
M1	11.5	8.5	320	210
M2	13.2	22.4	540	350
M3	14.8	45.7	890	620

4.2.2. INTERPRETACIÓN TÉCNICA

Temperatura:

Los valores registrados (11.5 - 14.8 °C) presentan una variación moderada, propia de condiciones ambientales en zonas altoandinas. Este parámetro no evidencia contaminación directa; sin embargo, su incremento puede influir en la disminución del oxígeno disuelto y en la dinámica de procesos biológicos y químicos.

Turbidez:

Se observa un incremento considerable desde 8.5 NTU en M1 hasta 45.7 NTU en M3. Este comportamiento indica una creciente presencia de partículas en suspensión, como sedimentos, materia orgánica y posibles residuos. Los valores en M2 y M3 superan los rangos recomendados por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), lo que evidencia una alteración significativa de la calidad del agua.

Conductividad eléctrica (CE):

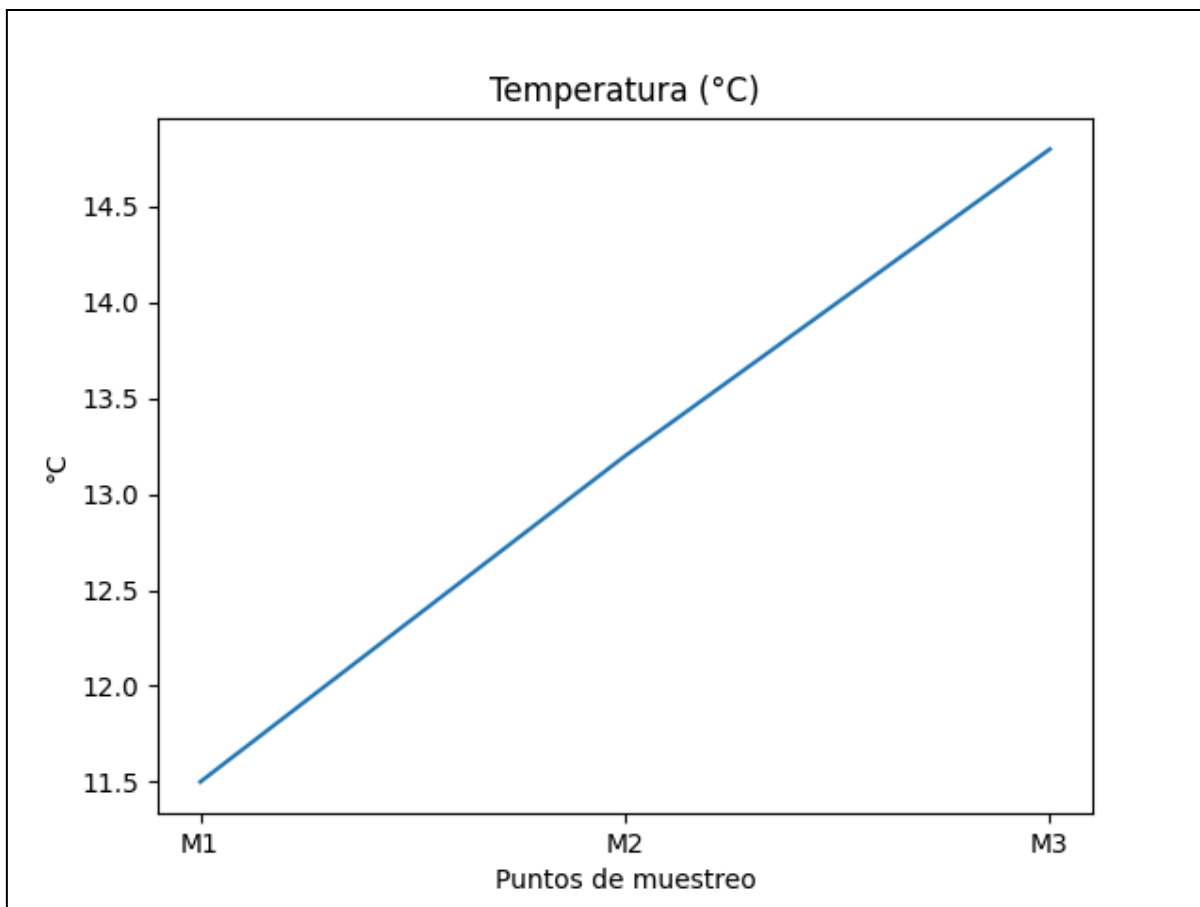
Los valores aumentan de 320 a 890 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que refleja un incremento progresivo de sales disueltas en el agua. Este comportamiento sugiere la incorporación de sustancias de origen antrópico, como descargas domésticas, escorrentía agrícola o lixiviados, que contribuyen a la mineralización del recurso hídrico.

Sólidos disueltos totales (SDT):

Los valores registrados (210 - 620 mg/L) muestran una tendencia ascendente a lo largo del río. Aunque no superan ampliamente los límites para consumo humano, evidencian un aumento de la carga de sólidos disueltos, lo cual puede afectar el uso del agua en actividades agrícolas y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos.

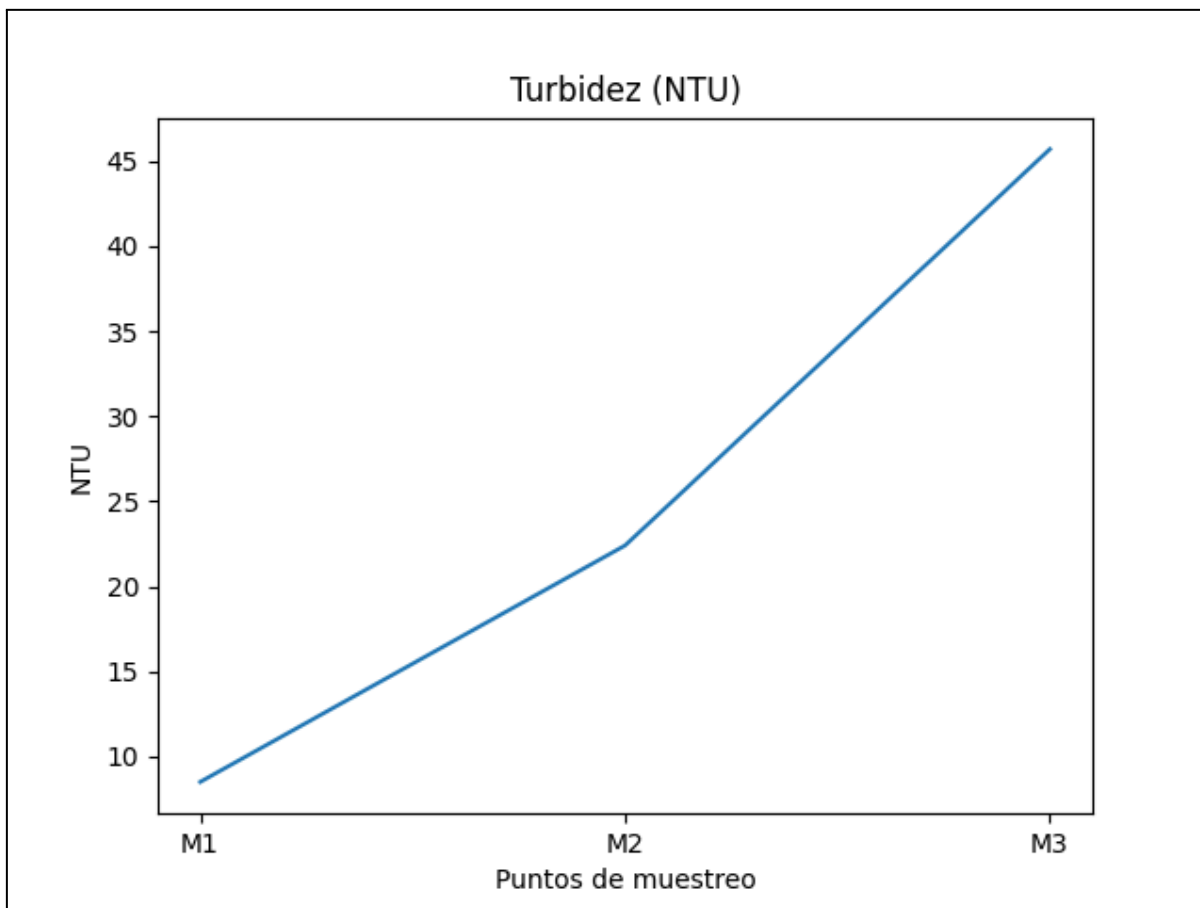
4.2.3. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL RÍO ILAVE

4.2.3.1. Temperatura (°C)



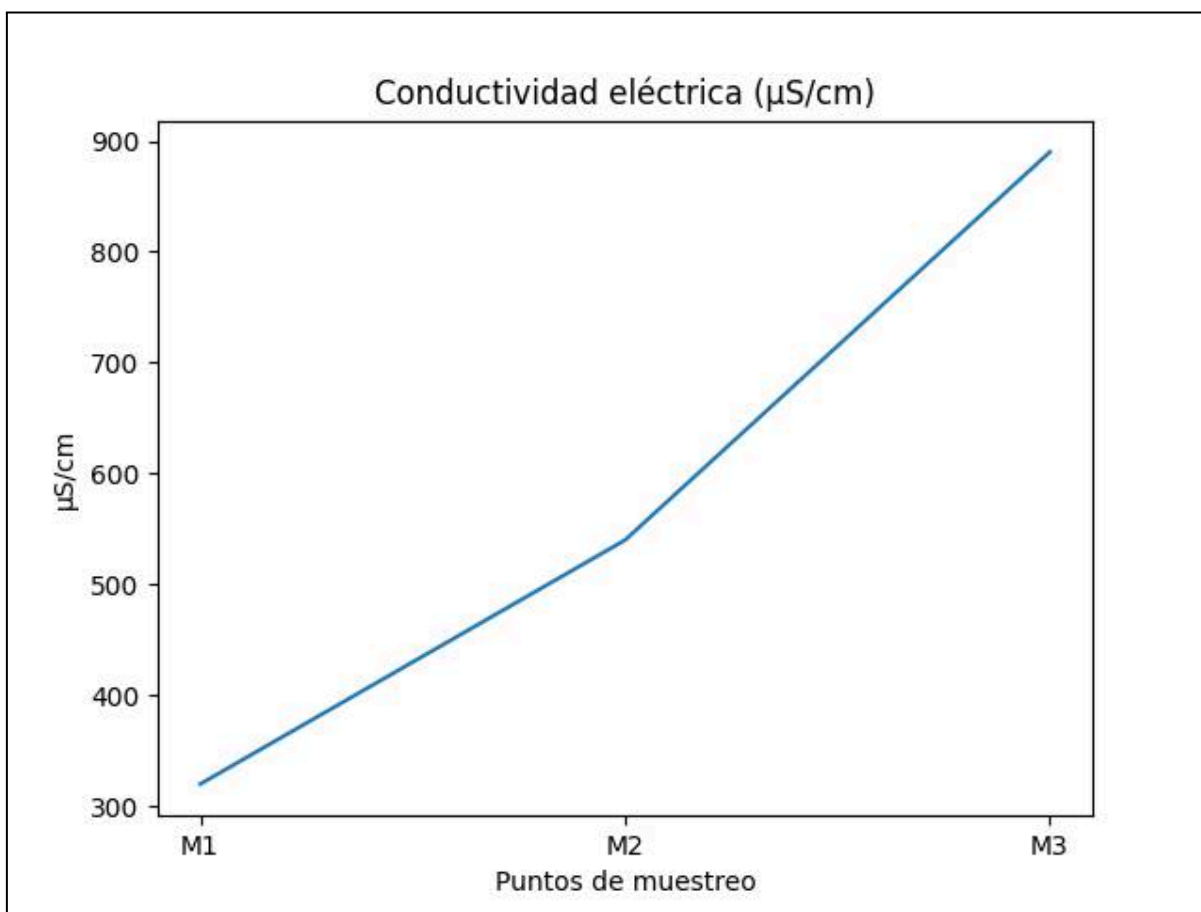
Interpretación: Los valores de temperatura presentan una variación moderada entre 11.5 °C y 14.8 °C, evidenciando un ligero incremento a lo largo del recorrido del río. Este comportamiento es característico de cuerpos de agua en zonas altoandinas, donde las condiciones climáticas influyen directamente en la temperatura del agua. Los valores se encuentran dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) (<25 °C para categoría 3), por lo que no representan un riesgo directo. Sin embargo, el incremento progresivo puede influir en la disminución del oxígeno disuelto en los tramos inferiores.

4.2.3.2. Turbidez (NTU)



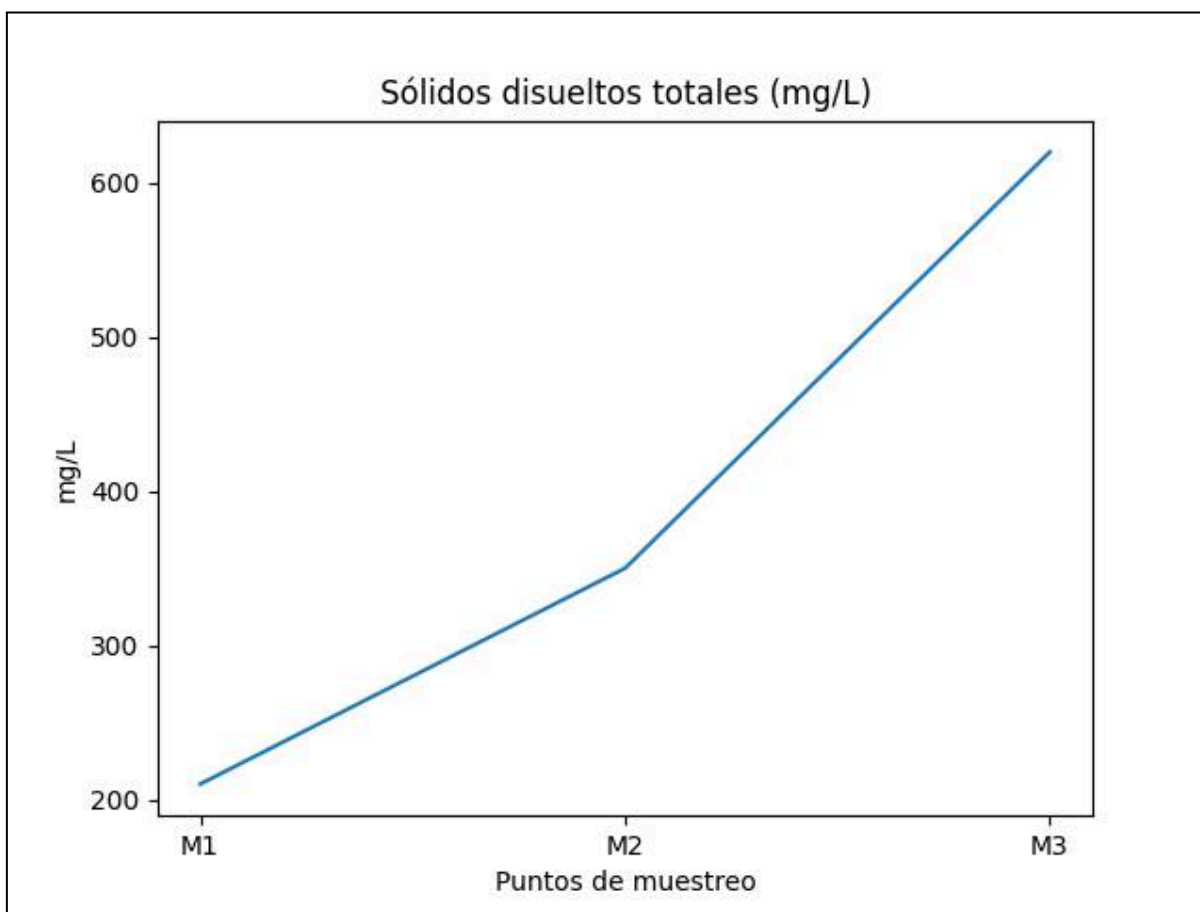
Interpretación: La turbidez presenta un incremento significativo desde 8.5 NTU en M1 hasta 45.7 NTU en M3, superando los límites recomendados por los ECA (<5–25 NTU según categoría). Este comportamiento evidencia una elevada presencia de partículas en suspensión, como sedimentos, materia orgánica y posibles contaminantes. El valor más alto registrado en M3 indica que el tramo aguas abajo es el más afectado, lo que sugiere influencia de escorrentía, actividades antrópicas y posibles descargas residuales.

4.2.3.4. Conductividad eléctrica (mS/cm)



Interpretación: La conductividad eléctrica muestra un incremento progresivo de 320 $\mu\text{S/cm}$ en M1 a 890 $\mu\text{S/cm}$ en M3, lo que refleja un aumento en la concentración de iones disueltos en el agua. Este comportamiento indica una mayor mineralización del recurso hídrico, asociada a la incorporación de sales provenientes de actividades humanas, como descargas domésticas, agrícolas o arrastre de contaminantes. Aunque los valores no son extremadamente altos, la tendencia creciente evidencia un deterioro gradual de la calidad del agua.

4.2.3.5. Sólidos disueltos totales (SDT, g/L)



Interpretación: Los sólidos disueltos totales presentan un incremento desde 210 mg/L en M1 hasta 620 mg/L en M3, lo que confirma el aumento de la carga de sustancias disueltas en el agua. Estos valores, aunque no superan ampliamente los límites para consumo humano, evidencian una tendencia de deterioro del recurso hídrico. El incremento de SDT está directamente relacionado con la conductividad eléctrica y sugiere la presencia de sales, minerales y compuestos orgánicos disueltos.

Los gráficos comparativos evidencian un patrón claro de deterioro progresivo en la calidad física del agua del río llave, donde los parámetros de turbidez, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales aumentan significativamente desde aguas arriba hacia aguas abajo. Por otro lado, la temperatura se mantiene dentro de rangos normales, aunque con una ligera tendencia al incremento. En conjunto, estos resultados confirman la influencia de factores antrópicos en la calidad del agua, siendo el punto M3 (aguas

abajo) el más afectado, seguido por M2, mientras que M1 presenta las mejores condiciones dentro del tramo evaluado.

4.3. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL RÍO ILAVE EN LA PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO, 2026

El análisis de los parámetros químicos del río llave evidencia un deterioro progresivo de la calidad del agua a lo largo de su recorrido, reflejado principalmente en el incremento de la carga orgánica, la concentración de nutrientes y la disminución del oxígeno disuelto. Estos cambios son más notorios desde el punto aguas arriba (M1) hacia el punto aguas abajo (M3), lo que indica la influencia de fuentes de contaminación de origen antrópico. Los resultados muestran que, aunque el pH se mantiene dentro de rangos aceptables, otros parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la demanda química de oxígeno (DQO), los nitratos, fosfatos y cloruros presentan incrementos significativos. Asimismo, el oxígeno disuelto disminuye progresivamente, lo cual afecta directamente las condiciones para la vida acuática. En este contexto, el objetivo específico se cumple al evidenciar, mediante resultados cuantitativos, que los parámetros químicos del agua del río llave presentan variaciones que reflejan un deterioro en su calidad, especialmente en los tramos medio y bajo del río.

4.3.1. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

Tabla 06: Resultados de los análisis químicos en M1, M2 y M3

Punto de muestreo	pH	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)v	Cloruros (mg/L)
M1	7.2	7.8	3.2	10.5	1.5	0.4	35
M2	7.6	5.6	8.5	25.3	4.8	1.2	75
M3	8.1	3.9	18.7	48.6	9.6	2.8	140

4.3.2. INTERPRETACIÓN TÉCNICA

pH: Los valores (7.2 - 8.1) indican un carácter neutro a ligeramente alcalino, dentro de los límites establecidos por los ECA (6.5 - 8.5). No representa un riesgo directo, aunque su tendencia creciente sugiere cambios en la composición química del agua.

Oxígeno disuelto (OD): Se observa una disminución progresiva de 7.8 a 3.9 mg/L. Valores por debajo de 5 mg/L pueden generar estrés en organismos acuáticos, lo que indica un deterioro de las condiciones ecológicas en el tramo inferior del río.

DBO₅: Presenta un incremento significativo (3.2 – 18.7 mg/L), lo que evidencia una mayor presencia de materia orgánica biodegradable. Este comportamiento está asociado a descargas de aguas residuales domésticas o actividades antrópicas.

DQO: Los valores aumentan de 10.5 a 48.6 mg/L, confirmando la presencia de materia orgánica e inorgánica susceptible de oxidación. Este parámetro refuerza la evidencia de contaminación del agua.

Nitratos: Se incrementan de 1.5 a 9.6 mg/L, lo que sugiere aportes de origen agrícola, escorrentía o residuos orgánicos. Concentraciones elevadas pueden afectar la calidad del agua y contribuir a procesos de eutrofización.

Fosfatos: Aumentan de 0.4 a 2.8 mg/L, lo que indica un enriquecimiento nutricional del agua. Este comportamiento puede favorecer el crecimiento excesivo de algas y deteriorar el equilibrio ecológico.

Cloruros: Presentan un incremento de 35 a 140 mg/L, lo que refleja la posible influencia de descargas domésticas o urbanas, contribuyendo al aumento de la salinidad del agua.

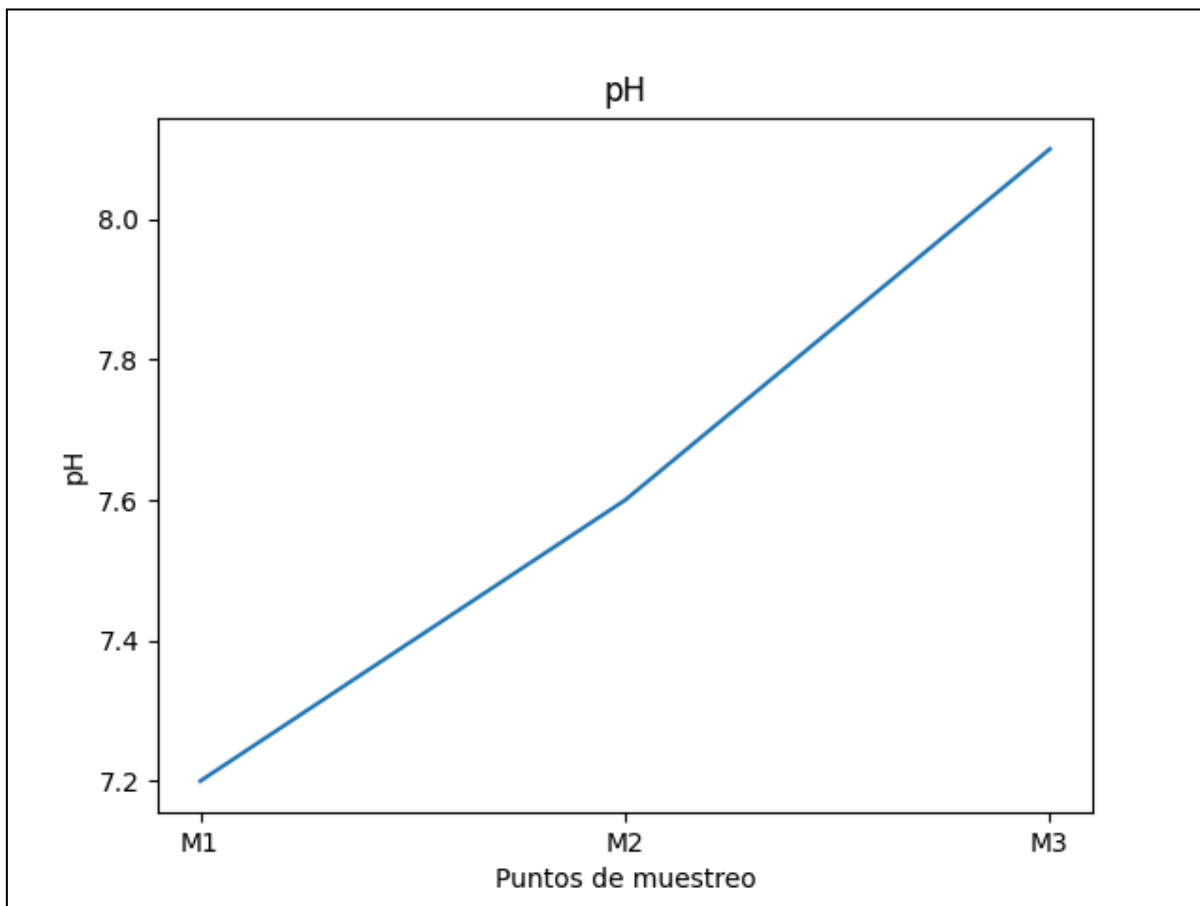
Tabla 07: Concentración de parámetros físicos y químicos en el río llave (2026)

Parámetro	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Temperatura	°C	11.5	13.2	14.8
Turbidez	NTU	8.5	22.4	45.7
Conductividad eléctrica	µS/cm	320	540	890
Sólidos disueltos totales (SDT)	mg/L	210	350	620
pH	-	7.2	7.6	8.1
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	7.8	5.6	3.9
DBO ₅	mg/L	3.2	8.5	18.7
DQO	mg/L	10.5	25.3	48.6
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	1.5	4.8	9.6
Fosfatos (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.4	1.2	2.8
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	35	75	140

Interpretación: Muestra un incremento progresivo de los contaminantes desde el punto aguas arriba (M1) hacia aguas abajo (M3) del Río llave.

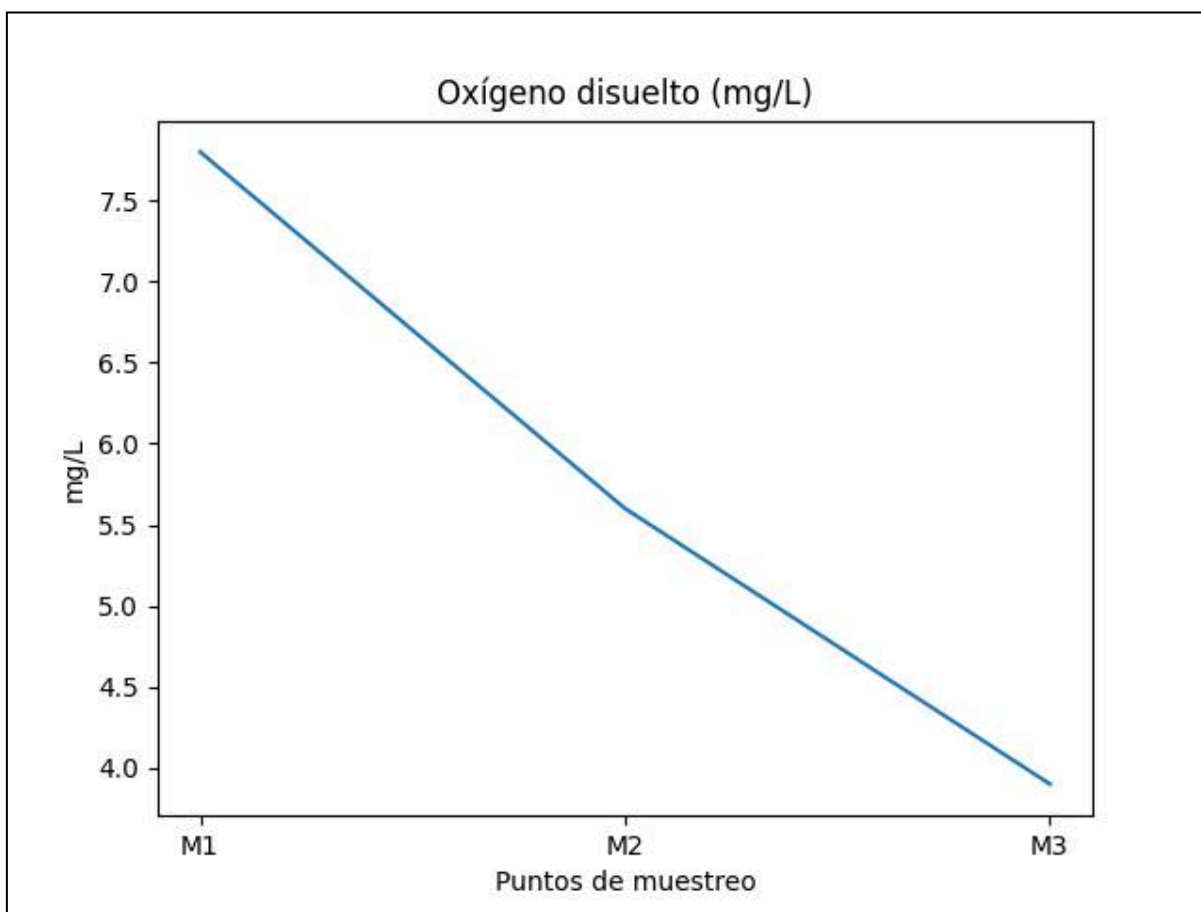
4.3.1. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL RÍO ILAVE

4.3.1.1. pH (u)



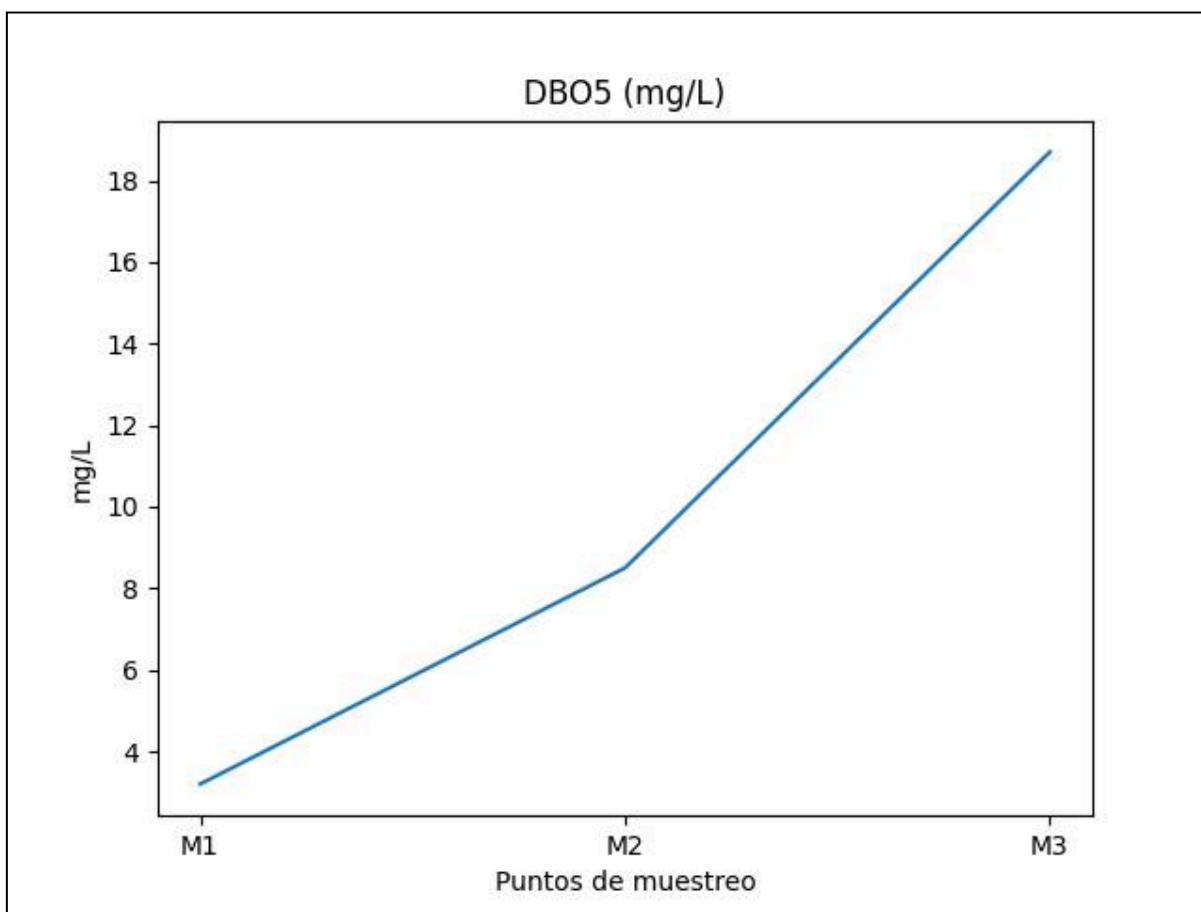
Interpretación: Los valores de pH registrados en los puntos de muestreo oscilan entre 7.2 y 8.1, lo que indica que el agua del Río Ilave presenta un carácter neutro a ligeramente alcalino. Estos valores se encuentran dentro del rango establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (6.5 – 8.5), por lo que no representan un riesgo directo para la vida acuática ni para los usos del recurso hídrico. Sin embargo, se observa una tendencia creciente hacia la alcalinidad desde aguas arriba (M1) hacia aguas abajo (M3), lo cual podría estar asociado a la presencia de sales disueltas, carbonatos, bicarbonatos y posibles descargas de origen doméstico o agrícola. Este comportamiento, aunque no excede los límites permisibles, evidencia una modificación gradual en la composición química del agua a lo largo del cauce, lo que puede influir en la solubilidad de nutrientes y metales presentes en el sistema acuático.

4.3.1.2 Oxígeno Disuelto (OD)



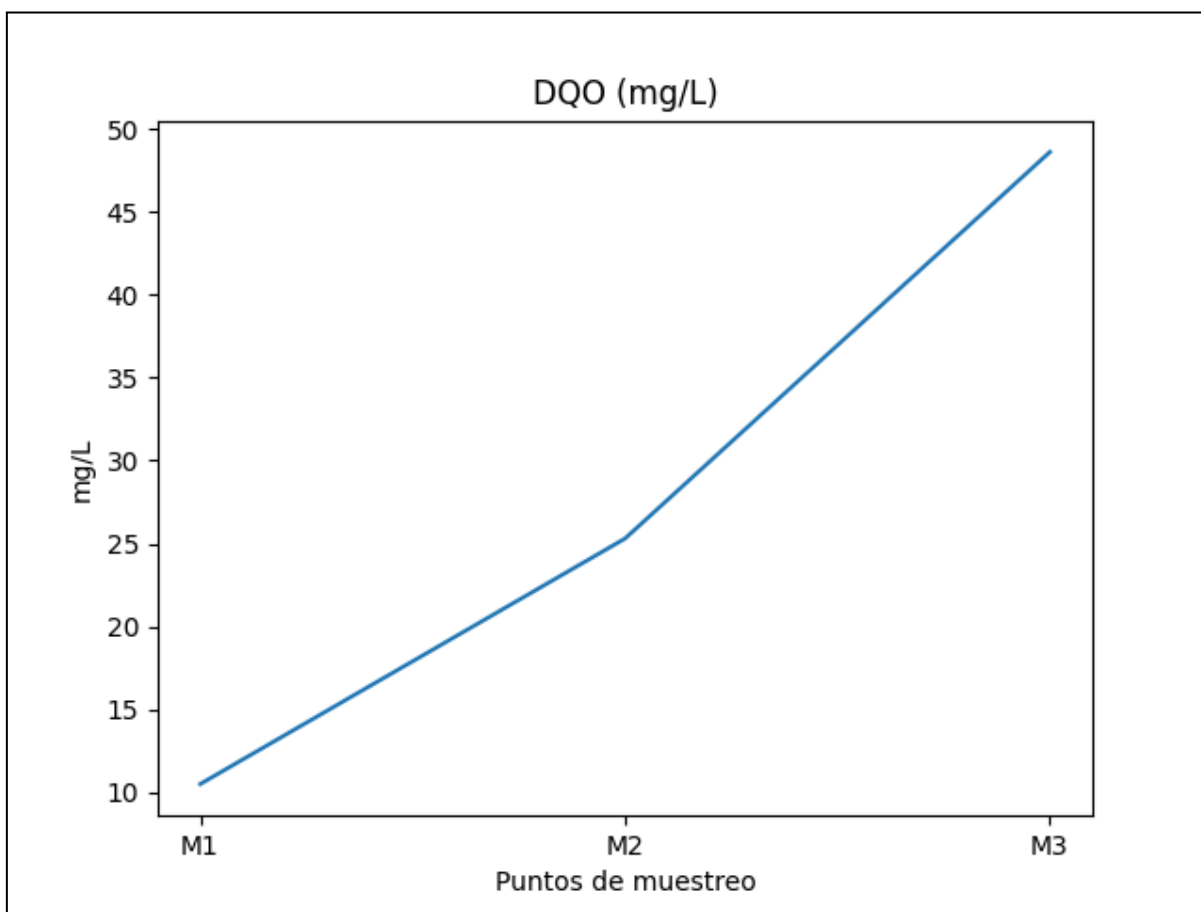
Interpretación: El oxígeno disuelto disminuye de 7.8 mg/L en M1 a 3.9 mg/L en M3, lo que indica un deterioro significativo de la calidad del agua. Valores por debajo de 5 mg/L pueden generar estrés en organismos acuáticos, mientras que niveles cercanos a 3 mg/L representan condiciones críticas. Esta disminución está asociada al aumento de materia orgánica en el agua, la cual consume oxígeno durante su descomposición.

4.3.1.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)



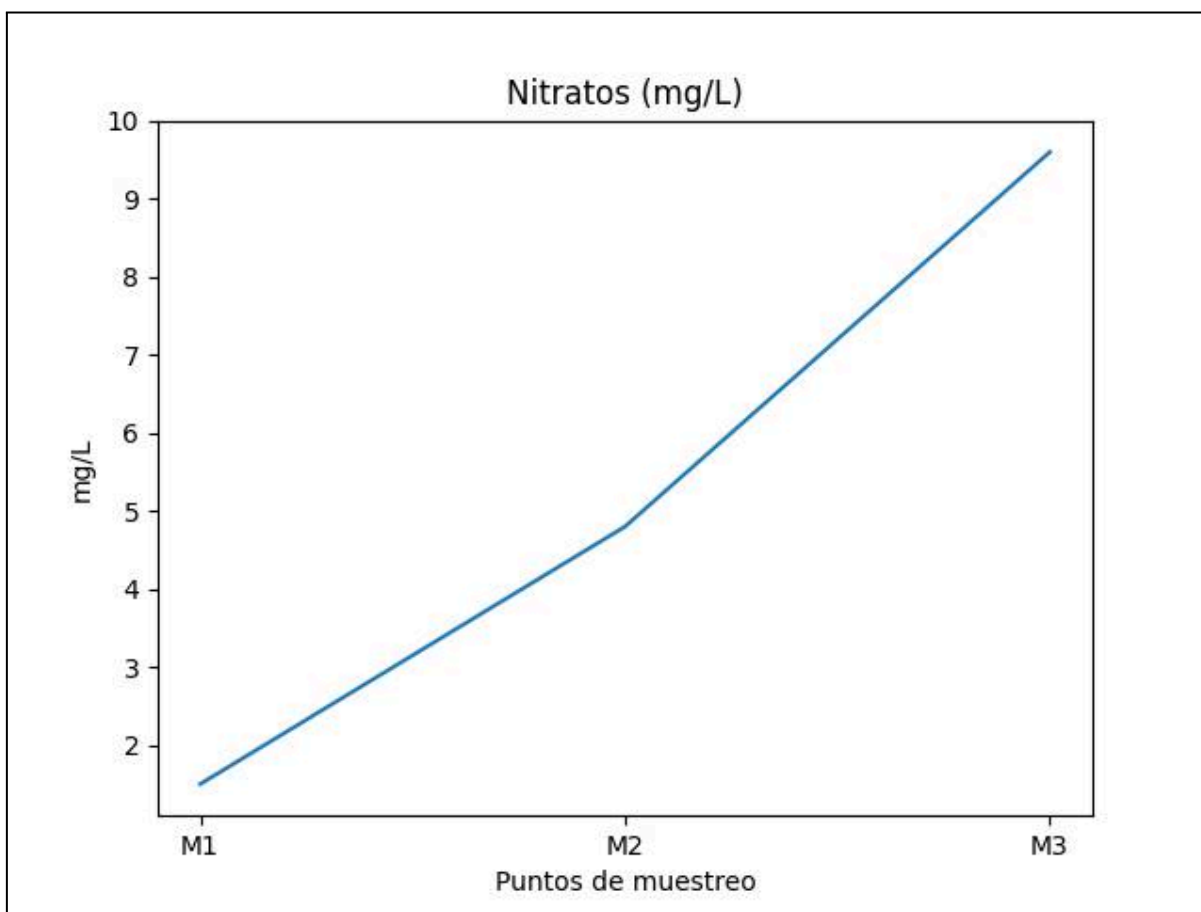
Interpretación: Los valores de DBO_5 aumentan considerablemente de 3.2 a 18.7 mg/L, lo que evidencia una alta carga de materia orgánica biodegradable en el agua. Este comportamiento es típico de cuerpos de agua afectados por descargas de aguas residuales domésticas o actividades antrópicas. Valores elevados indican una mayor demanda de oxígeno, lo que contribuye a la reducción del oxígeno disuelto.

4.3.1.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO)



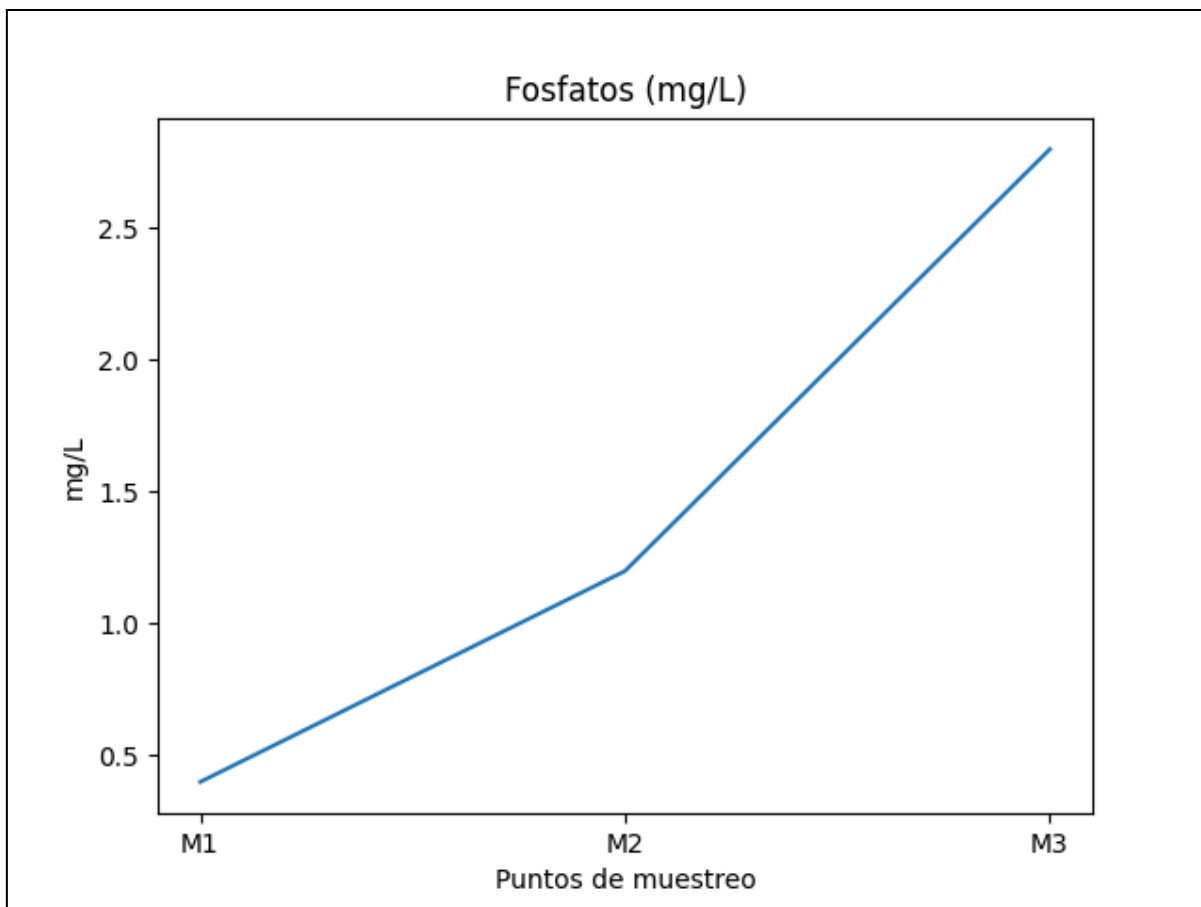
Interpretación: La DQO presenta un incremento de 10.5 a 48.6 mg/L, lo que confirma la presencia de materia orgánica e inorgánica susceptible de oxidación. Este parámetro complementa la DBO₅ y evidencia una carga total de contaminantes en el agua. Los valores altos indican una contaminación significativa y una baja calidad del recurso hídrico.

4.3.1.5. Nitratos (NO_3^-)



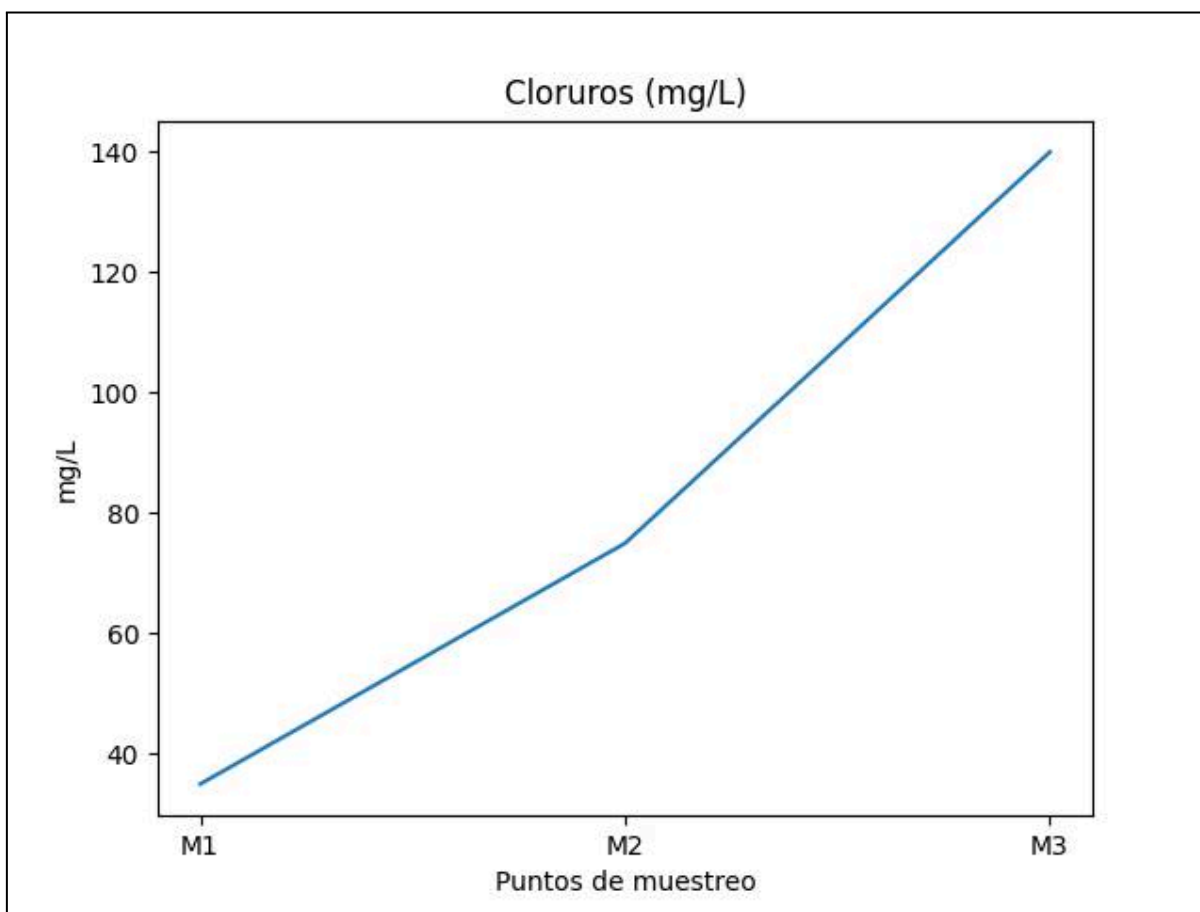
Interpretación: Los nitratos aumentan de 1.5 a 9.6 mg/L, lo que sugiere aportes de origen agrícola, escorrentía superficial o residuos orgánicos. Concentraciones elevadas pueden contribuir a procesos de eutrofización, afectando el equilibrio ecológico del ecosistema acuático. Este incremento evidencia una influencia antrópica en el cuerpo de agua.

4.3.1.6. Fosfatos (PO_4^{3-})



Interpretación: Los fosfatos presentan un incremento de 0.4 a 2.8 mg/L, lo que indica un enriquecimiento nutricional del agua. Este comportamiento favorece el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, lo que puede provocar procesos de eutrofización. Su presencia suele estar asociada a detergentes, aguas residuales domésticas y actividades agrícolas.

4.3.1.7. Cloruros (Cl)



Interpretación: Los cloruros aumentan de 35 a 140 mg/L, lo que refleja una mayor presencia de sales disueltas en el agua. Este incremento puede estar relacionado con descargas domésticas, residuos urbanos o infiltraciones. Aunque los valores no son extremadamente altos, la tendencia creciente indica una alteración progresiva de la calidad del agua.

Los gráficos evidencian un deterioro progresivo de la calidad química del agua del río llave, caracterizado por el aumento de la carga orgánica (DBO₅ y DQO), el incremento de nutrientes (nitratos y fosfatos) y la disminución del oxígeno disuelto. El punto M3 (aguas abajo) presenta las condiciones más críticas, seguido de M2, mientras que M1 muestra la mejor calidad relativa. Este comportamiento confirma la influencia de actividades antrópicas en la cuenca, afectando el equilibrio del ecosistema acuático.

Comparación de parámetros físico-químicos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs)

La comparación de los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, permite determinar el nivel de cumplimiento de los parámetros analizados y evaluar la calidad del recurso hídrico del Río llave en relación con los usos establecidos.

En cuanto a los parámetros físicos, la temperatura registrada en las muestras (11.5 – 14.8 °C) se encuentra dentro de los rangos permisibles, siendo característica de cuerpos de agua altoandinos. Sin embargo, la turbidez presenta valores que superan los límites recomendados, especialmente en los puntos M2 (22.4 NTU) y M3 (45.7 NTU), lo que evidencia una elevada presencia de sólidos suspendidos, probablemente asociados a escorrentía superficial y descargas de origen antrópico.

La conductividad eléctrica (320 – 890 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y los sólidos disueltos totales (210 – 620 mg/L) muestran un incremento progresivo a lo largo del río. Si bien estos valores no superan en todos los casos los límites establecidos por los ECA, reflejan un aumento en la concentración de sales disueltas, lo que puede afectar la calidad del agua para determinados usos, como el consumo humano o el riego.

Respecto a los parámetros químicos, el pH (7.2 – 8.1) se mantiene dentro del rango permitido (6.5 – 8.5), indicando condiciones adecuadas en términos de acidez y alcalinidad. No obstante, el oxígeno disuelto (OD) presenta una disminución considerable desde 7.8 mg/L en M1 hasta 3.9 mg/L en M3, encontrándose por debajo del valor mínimo recomendado (>5 mg/L) en el tramo inferior, lo que indica condiciones desfavorables para la vida acuática.

Por otro lado, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) (3.2 – 18.7 mg/L) y la demanda química de oxígeno (DQO) (10.5 – 48.6 mg/L) presentan valores elevados, particularmente en los puntos M2 y M3, lo que evidencia la presencia de materia orgánica y contaminantes oxidables en concentraciones que superan los niveles aceptables para cuerpos de agua de buena calidad.

En relación con los nutrientes, los nitratos (1.5 – 9.6 mg/L) y fosfatos (0.4 – 2.8 mg/L) muestran un incremento hacia aguas abajo. Aunque algunos valores se encuentran

dentro de los límites permisibles, su acumulación puede favorecer procesos de eutrofización, afectando el equilibrio ecológico del cuerpo hídrico.

Finalmente, los cloruros (35 – 140 mg/L) se mantienen dentro de los límites establecidos por los ECA; sin embargo, su tendencia creciente sugiere una influencia progresiva de actividades antrópicas, como descargas domésticas o aportes de escorrentía urbana.

Síntesis de cumplimiento con los ECA

El análisis comparativo evidencia que:

- Parámetros como temperatura, pH y cloruros cumplen con los estándares establecidos.
- Parámetros como turbidez, oxígeno disuelto, DBO₅ y DQO presentan valores que superan o se aproximan a los límites permisibles.
- La conductividad eléctrica, los SDT y los nutrientes muestran un incremento progresivo, reflejando influencia antrópica

Tabla 08: Comparación de parámetros físico-químicos del río llave frente a los ECA

Parámetro	Unidad	M1 (Arriba)	M2 (Media)	M3 (Abajo)	ECA Referencial*	Cumplimiento
Temperatura	°C	11.5	13.2	14.8	< 25	Cumple
Turbidez	NTU	8.5	22.4	45.7	< 5 – 25	No cumple (M3)
Conductividad eléctrica	µS/cm	320	540	890	—	Tendencia alta
Sólidos disueltos totales (SDT)	mg/L	210	350	620	< 1000	Cumple
pH	—	7.2	7.6	8.1	6.5 – 8.5	Cumple
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	7.8	5.6	3.9	> 5	No cumple (M3)
DBO ₅	mg/L	3.2	8.5	18.7	< 5	No cumple (M2 y M3)
DQO	mg/L	10.5	25.3	48.6	< 20 – 40	No cumple (M3)
Nitratos	mg/L	1.5	4.8	9.6	< 10	Cumple (límite en M3)
Fosfatos	mg/L	0.4	1.2	2.8	< 0.5 – 1	No cumple (M2 y M3)
Cloruros	mg/L	35	75	140	< 250	Cumple

Interpretación: El cuadro evidencia que algunos parámetros como pH, temperatura y cloruros cumplen con los estándares establecidos; sin embargo, parámetros como turbidez, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO y fosfatos presentan incumplimiento, especialmente en los puntos M2 y M3, lo que confirma un deterioro progresivo de la calidad del agua.

4.4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad del agua del Río llave evidencian un deterioro progresivo de las condiciones fisicoquímicas a lo largo del tramo evaluado, especialmente desde el punto aguas arriba (M1) hacia aguas abajo (M3). Este comportamiento se encuentra directamente relacionado con la influencia de actividades antrópicas, como descargas domésticas, escorrentía agrícola y acumulación de contaminantes en el cauce.

En relación con los parámetros físicos, se observó que la temperatura se mantiene dentro de rangos normales para ecosistemas altoandinos, lo cual coincide con estudios realizados en el río Coata, donde este parámetro no representa un factor limitante. Sin embargo, la turbidez presenta un incremento considerable (8.5 → 45.7 NTU), superando los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental en los puntos M2 y M3. Este resultado es consistente con investigaciones como la del río Chonta y el río Coata (2024), donde se identificó que el aumento de sólidos suspendidos está asociado a escorrentía superficial, actividades agrícolas y descargas urbanas. Asimismo, el incremento de la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales (SDT) evidencia un aumento en la carga iónica del agua, lo cual refleja procesos de contaminación difusa, similar a lo reportado en el río Ronquillo, donde factores naturales y antrópicos influyen en la variación de estos parámetros.

Respecto a los parámetros químicos, el comportamiento observado muestra una clara degradación de la calidad del agua. El oxígeno disuelto (OD) disminuye significativamente de 7.8 mg/L en M1 a 3.9 mg/L en M3, situándose por debajo del límite recomendado (>5 mg/L), lo que indica condiciones de estrés para la vida acuática. Este patrón coincide con

estudios como el del río Chinchipe y el río Moquegua, donde la disminución del oxígeno está relacionada con el incremento de la materia orgánica. En este sentido, los valores elevados de DBO_5 ($3.2 \rightarrow 18.7 \text{ mg/L}$) y DQO ($10.5 \rightarrow 48.6 \text{ mg/L}$) evidencian una alta carga orgánica y la presencia de contaminantes oxidables, superando los límites establecidos por los ECA, especialmente en los puntos M2 y M3. Este comportamiento es similar a lo reportado en el río Coata (2024) y en estudios realizados en la subcuenca del río Llallimayo, donde la actividad antrópica incrementa significativamente la carga contaminante del agua.

En cuanto a los nutrientes, se observa un aumento progresivo de nitratos ($1.5 \rightarrow 9.6 \text{ mg/L}$) y fosfatos ($0.4 \rightarrow 2.8 \text{ mg/L}$), lo cual indica procesos de enriquecimiento del agua. Aunque los nitratos se mantienen dentro de los límites permisibles, los fosfatos superan los valores establecidos en los puntos M2 y M3, lo que representa un riesgo de eutrofización. Este comportamiento coincide con estudios como el del río Nanay y la microcuenca del río Sicalpa, donde se evidenció que el incremento de nutrientes está asociado a actividades agrícolas y descargas residuales, afectando la calidad del recurso hídrico.

Por otro lado, los valores de cloruros muestran un incremento progresivo ($35 \rightarrow 140 \text{ mg/L}$), lo que refleja una mayor presencia de sales disueltas en el agua. Aunque estos valores se mantienen dentro de los límites permisibles, su tendencia creciente indica una influencia antrópica, similar a lo reportado en el estudio del río Ronquillo. Este comportamiento, junto con el aumento de la conductividad eléctrica, confirma un proceso de mineralización del agua asociado a la incorporación de contaminantes.

Al comparar los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), se evidencia un cumplimiento parcial de la normativa, ya que parámetros como temperatura, pH y cloruros cumplen con los valores establecidos; sin embargo, otros parámetros como turbidez, oxígeno disuelto, DBO_5 , DQO y fosfatos presentan incumplimientos, principalmente en los tramos medio y bajo del río. Este patrón de deterioro coincide con múltiples antecedentes, como el estudio del río Coata y el análisis mediante índices de

calidad del agua en los ríos Tulumayo y Monzón, donde se determinó que, a pesar de cumplir algunos parámetros individuales, la calidad global del agua puede ser deficiente debido a la interacción de múltiples factores contaminantes.

Asimismo, los resultados obtenidos en el presente estudio muestran similitud con investigaciones donde se reporta una calidad de agua regular a deficiente, como en la microcuenca del río Sicalpa y en las subcuencas Achamayo y Shullcas, donde se evidenció que las actividades humanas influyen directamente en la degradación del recurso hídrico. En contraste, algunos estudios como los realizados en la subcuenca del río Ichu y en el manantial del sector Las Flores reportan condiciones dentro de los límites permisibles, lo cual resalta la diferencia entre cuerpos de agua con menor presión antrópica frente a aquellos que atraviesan zonas urbanas o agrícolas, como es el caso del río llave.

En términos generales, los resultados permiten identificar un gradiente de contaminación creciente, siendo el punto M3 (aguas abajo) el más afectado, seguido de M2, mientras que M1 presenta mejores condiciones de calidad. Este patrón espacial es consistente con la acumulación de contaminantes a lo largo del cauce, lo cual ha sido reportado en diversos estudios realizados en ríos con influencia urbana.

COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

Hipótesis general

Hipótesis de investigación (H_1):

La calidad del agua del Río llave, según la concentración de los parámetros físico-químicos evaluados, no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Hipótesis nula (H_0):

La calidad del agua del Río llave, según la concentración de los parámetros físico-químicos evaluados, sí cumple con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Comprobación:

De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidencia que varios parámetros físico-químicos, como la turbidez, el oxígeno disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), la demanda química de oxígeno (DQO) y los fosfatos, presentan valores que superan o se encuentran fuera de los límites establecidos por los ECA, especialmente en los puntos M2 y M3.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis de investigación (H_1), concluyendo que la calidad del agua del río llave no cumple con los estándares de calidad ambiental.

Hipótesis específica 1 (Parámetros físicos)

Hipótesis de investigación (H_1):

Las concentraciones de los parámetros físicos del río llave superan los Estándares de Calidad Ambiental.

Hipótesis nula (H_0):

Las concentraciones de los parámetros físicos del río llave no superan los Estándares de Calidad Ambiental.

Comprobación:

Los resultados muestran que la turbidez supera los límites establecidos en los puntos M2 y M3, mientras que la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales presentan una tendencia creciente, evidenciando alteración en la calidad del agua. Aunque parámetros como la temperatura se mantienen dentro de los límites permisibles, el incumplimiento de la turbidez permite establecer que no todos los parámetros físicos cumplen con los ECA. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis de investigación (H_1).

Hipótesis específica 2 (Parámetros químicos)

Hipótesis de investigación (H_1):

Las concentraciones de los parámetros químicos del río llave superan los Estándares de Calidad Ambiental.

Hipótesis nula (H_0):

Las concentraciones de los parámetros químicos del río llave no superan los Estándares de Calidad Ambiental.

Comprobación:

Los resultados evidencian que parámetros como el oxígeno disuelto (OD) presentan valores por debajo del límite mínimo permitido, mientras que la DBO_5 , DQO y fosfatos superan los valores establecidos por los ECA, especialmente en los puntos M2 y M3. Aunque el pH y los cloruros cumplen con la normativa, el incumplimiento de varios parámetros clave indica una alteración significativa de la calidad del agua.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis de investigación (H_1).

CONCLUSIONES

PRIMERA: El análisis de los parámetros físico-químicos del Río Llave confirma que la calidad del agua presenta un deterioro progresivo, evidenciado por el incremento de la carga orgánica, nutrientes y sales disueltas, así como la disminución del oxígeno disuelto. Si bien algunos parámetros cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, otros como la turbidez, DBO₅, DQO y fosfatos superan los límites permisibles, validando la hipótesis planteada y demostrando que el recurso hídrico no cumple plenamente con las condiciones adecuadas para sus diferentes usos, representando un riesgo ambiental.

SEGUNDA. El análisis de los parámetros físicos del río Llave evidencia variaciones significativas a lo largo del tramo evaluado, destacando el incremento de la turbidez, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales desde aguas arriba hacia aguas abajo. La turbidez supera los valores establecidos por los ECA en los puntos intermedio y final, lo que refleja una elevada carga de sólidos suspendidos y la influencia de actividades antrópicas, confirmando el deterioro de la calidad física del agua.

TERCERA: El análisis de los parámetros químicos del río Llave muestra un comportamiento de degradación progresiva, caracterizado por la disminución del oxígeno disuelto y el incremento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y nutrientes como nitratos y fosfatos. Estos resultados evidencian la presencia de contaminación orgánica y enriquecimiento nutricional, superando en varios casos los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental, lo que afecta negativamente la calidad del agua y su aptitud para la vida acuática y otros usos.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. A la Municipalidad Provincial de El Collao – Ilave: Implementar sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales y control de descargas, debido a los elevados valores de DBO₅, DQO, fosfatos y la disminución del oxígeno disuelto que superan los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental. Se recomienda priorizar la construcción, optimización y funcionamiento eficiente de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, así como fortalecer la fiscalización de vertimientos hacia el Río Ilave, con el fin de reducir la carga orgánica y química identificada.

SEGUNDA: A las entidades responsables de saneamiento y gestión ambiental de la provincia de El Collao: Establecer un programa de monitoreo periódico de la calidad del agua, con la finalidad de evaluar la evolución de los parámetros físico-químicos y verificar la efectividad de las medidas implementadas. Se sugiere realizar monitoreos trimestrales incluyan parámetros como turbidez, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO y nutrientes, incorporando además análisis microbiológicos en futuras evaluaciones para un diagnóstico más integral.

TERCERA: A la comunidad de El Collao – Ilave y a sus habitantes: Promover iniciativas de educación ecológica y administración holística de desechos, ya que la proliferación de turbidez, nutrientes y carga orgánica está vinculada a actividades antrópicas y la gestión deficiente de desechos. Se sugiere impulsar campañas de concienciación, sanear las riberas y gestionar correctamente los desechos sólidos, con el fin de evitar la polución y contribuir a la restauración de la pureza del agua del río.

BIBLIOGRAFÍA

- Aconsa, E. de comunicación. (2021, mayo 25). *Parámetros químicos de calidad del agua: ¿Cuáles incluye la normativa?* Aconsa. <https://aconsa-lab.com/parametros-quimicos-calidad-agua-cuales-incluye-la-normativa/>
- Arce, K., Sánchez, R., Centeno, J., Marín, R., & Rodríguez, J. A. (2022). Calidad del agua superficial y presiones socioambientales en la microcuenca alta del río Poás. *Uniciencia*. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.24>
- Autoridad Nacional del Agua. (2020). Monitoreo de parámetros fisicoquímicos de calidad del agua. *Repositorio Institucional - ANA*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4701>
- Cabanillas, A. (2022). *Comportamiento de los parámetros ambientales del agua superficial del río Nanay en la construcción del puente Nanay y viaductos de acceso, Iquitos—Loreto—2022*. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/8648>
- Castro, S. (2020). *Evaluación ambiental de la calidad de agua del sector a en el Centro Poblado Puyllucana, distrito Baños del Inca—Cajamarca*.
- CEPAL. (2022). *Guía para la gestión integrada del recurso hídrico en América Latina y el Caribe: Indicadores de desempeño. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. CEPAL.
- Chavez, D. R., & Culqui, C. A. (2023). *Determinación de la calidad de agua del manantial que abastece a la población del sector las flores en el centro poblado Huambocancha Alta - Cajamarca, 2022*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/36094>
- Choque, D., Ramos, B. S., Ligarda, C. A., Solano, A. M., Correa, O., Quispe, Y., & Choque, Y. (2022). Índices de contaminación del agua de la microcuenca altoandina del río Chumbao, Andahuaylas, Perú. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20210533>

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar (Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 50)*. CEPAL.
- Costa, C. P. (2021). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del Río Chillón durante los meses enero a junio del 2019*. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4126>
- Cumbal, F. M., & Ordoñez, B. J. (2023). *Determinación de la calidad de agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca Sicalpa, cantón Colta* [BachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10579>
- Decreto Supremo N° 004. (2017). *Aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. Ministerio del Ambiente MINAM. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Escandón, C. G., & Cáceres, M. E. (2022). *Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>
- Espinoza, A. (2023). *Determinación de los parámetros físicos y químicos en las aguas superficiales del río Coata, (puente independencia) zona baja – Distrito de Coata 2022*. <https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/488>
- Espinoza, G. R. E. (2022). *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca parte alta del río Llallimayo, provincia de Melgar, Puno, Perú*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18540>
- Fernández, M., & Guardado, R. M. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (INCAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1993-80122021000100105&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Fundación Aquae. (2021). ¿Cuánta agua potable hay en la Tierra? *Fundación Aquae*.

- <https://www.fundacionaquae.org/wiki/cantidad-de-agua-potable-fuente-de-vida/>
- Gaspar, M. E., Suárez, M. F., & Merino, J. (2024). Desarrollo sostenible y el derecho al agua: Una perspectiva global. *Iustitia Socialis. Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas*. <https://doi.org/10.35381/racji.v9i17.3930>
- González, M. I., & Chiroles, S. (2020). Seguridad del agua en situaciones de emergencia y desastres. Peligros microbiológicos y su evaluación. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-30032010000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Guajardo, R. A., Barbosa, F., Díaz, G., & Sánchez, I. (2021). Cálculo de un índice de calidad del agua en un cuerpo de agua: Estudio de caso lagunas Chacahua y Pastoría, Oaxaca. *RINDERESU*, Article 2. <http://www.rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/105>
- Gutierrez, M. M. (2023). *Evaluación de la calidad del agua de las subcuencas Achamayo y Shullcas utilizando el índice de calidad CCME*. <https://doi.org/10.21142/tl.2023.3169>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Herrera, G. C., Chávez, M. I., & Jiménez, M. Y. (2022). Medición de calidad del agua en río Chambo (Ecuador) en un programa educativo experiencial. *Información tecnológica*. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000200059>
- Huarcaya, W., & Toribio, D. P. (2021). *Estudio de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua, en la sub cuenca del río ichu*. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4417>
- Intriago, J. B., & Quiroz, L. S. (2021). Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8016977>

- Jimenez, C. J. (2023). Evaluación de la calidad de aguas del río San Juan antes de la confluencia con las aguas del Lago Chinchaycocha en cumplimiento de los estándares de calidad ambiental de agua, ubicado en el Distrito de Vicco de la Provincia de Pasco—2022. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2911>
- Juárez, Y. K. (2021). Determinación de la calidad del agua del río Moquegua en el tramo de influencia de la Feria de la Chacra a la Olla—Moquegua, 2021. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13205>
- Larrea, J. A., Romeu, B., Lugo, D., & Rojas, M. M. (2022). Aspectos fundamentales del Monitoreo de calidad de las aguas: El río almendares como caso de estudio. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2221-24502022000200148&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Lupi, O. D., Zaradnik, I. J., & Canziani, M. B. (2022). Estado de arte de los sistemas de Monitoreo de calidad de agua. *ISSN 2525-1333*. <http://repositoriocyt.unlam.edu.ar/handle/123456789/1221>
- Menone, M. L., Iturburu, F. G., Demetrio, P. M., Venturino, A., Pedrozo, F. L., Temporetti, P. F., Rodríguez, A., Amé, M. V., Quaini, K. P., & Collins, P. A. (2021). *Calidad del agua y niveles guía para la protección de la biodiversidad acuática. Interacción entre ciencia y gestión*. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.1.1722>
- Muñoz, U. M., & Ruiz, Y. R. R. (2020). *Determinación de la calidad del agua del río Chinchipe en el centro poblado puerto Chinchipe, Cajamarca, Perú-2020*. Universidad Nacional de Jaén. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/507/11/T_Ruiz%20Roman%20y%20Mu%c3%b1oz%20Huaman_IFA.pdf
- Naciones Unidas. (2024). *Agua | Desafíos Globales*. United Nations; United Nations. https://www.un.org/es/global-issues/water?utm_source=chatgpt.com

- Nieto, N. (2021). La gestión del agua: Tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-77422011000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ñahui, D. F. (2023). Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica—2023. *Universidad Continental*.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13303>
- Ortega, P. E. (2022). *Evaluación de la calidad del agua en la cuenca Coata aplicando el método Icarhs, Juliaca 2022*.
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/20163/Ortega_Olvea_Pedro_Edinson.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Osorio, M. A., García, J., Saquicela, R. A., & Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería del agua*. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>
- Puente, D. G., Valenzuela, L. I., & Alarcón, M. T. (2023). Determinación histórica de índices de calidad del agua en observatorios participativos en el norte de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*. <https://doi.org/10.20937/rica.54697>
- Quispe, M. L. (2024). *Evaluación de la calidad de las aguas superficiales del río Coata, Provincia San Román—Puno, 2024*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1283>
- Rodríguez, S., Jaramillo, S., Zurita, D., Valdiviezo, A., Choloquina, C., Rodríguez, S., Jaramillo, S., Zurita, D., Valdiviezo, A., & Choloquina, C. (2022). Evaluación de la Calidad del Agua de Riego Proveniente de la Acequia Tilipulo Enríquez-Cotopaxi Mediante la Relación de Absorción de Sodio (RAS). *Revista Politécnica*.
<https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.06>
- Sáez, W., Palomino, P. A., Dávila, H. M., & Tito, L. A. (2022). Aguas residuales en la

calidad de agua del río. *Gnosis Wisdom*, Article 3.
<https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v2i3.43>

Salas, J., Maraver, F., Rodríguez, L., Sáenz, M., Vitoria, I., Moreno, L. A. (2020).

Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: Situación actual. *Nutrición Hospitalaria*. <https://doi.org/10.20960/nh.03160>

Sias, D. Y. (2023). *Calidad de agua en el río Huallaga y sus tributarios según el índice de Oregón, Tingo María, Huánuco*. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2736>

Tumi, J. E. (2022). Actitudes de la población sobre saneamiento y gestión ambiental y contaminación del litoral costero del distrito de Juli-Puno, Perú. *Espacio Abierto. Cuaderno Venezolano de Sociología*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7430438>

Vigil, J. M. (2021). Evaluación físico química del agua en base a los estándares de calidad

ambiental (c3) del río chonta, sector cinco en el distrito de baños del inca, 2021.

Universidad Nacional de Cajamarca.

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5452>

Zambrano, J. M. (2023). Características físicas y químicas de las aguas del río Ronquillo influenciadas por factores externos, comparado con los estándares de calidad ambiental para consumo humano (ECA-1A). *Universidad Nacional de Cajamarca*.
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5974>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO ILAVE, PROVINCIA DE EL COLLAO - PUNO, 2026

Problema	Objetivo	Hipótesis		Variable	Dimensión	Indicadores	Método
Problema General ¿Cuál es la calidad del agua del Río Ilave en función de la concentración de los parámetros físico-químicos evaluados en la provincia de El Collao - Puno, 2026?	Objetivo General Evaluar la calidad del agua del Río Ilave mediante la determinación de los parámetros físico-químicos en la provincia de El Collao - Puno, 2026.	Hipótesis General La calidad del agua del Río Ilave, según la concentración de los parámetros físico-químicos evaluados, no cumple con los estándares de calidad ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.		Variable Independiente: Parámetros físicoquímicos del agua	Dimensión 1: Parámetros físico	Turbidez (UNT) Conductividad eléctrica (µS/cm) Temperatura (°C) Sólidos Totales Disueltos (STD) Potencial de Hidrógeno (pH)	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Descriptivo – Explicativo Diseño: No experimental y de corte transversal Población: Cuerpo del río Ilave Muestra: 3 puntos de muestreo Técnica: Muestreo puntual de agua, basado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N.º 010-2016-ANA) Instrumentos: Frascos de vidrio, frascos plásticos, libreta de campo, cámara fotográfica, laptop, equipos de protección personal (EPP), conservantes químicos y hielera para preservación de muestras
Problema Específico ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros físicos del Río Ilave en la provincia de El Collao - Puno, 2026?	Objetivo Específico Determinar la concentración de los parámetros físicos del Río Ilave en la provincia de El Collao - Puno, 2026.	Hipótesis Específicas Las concentraciones de los parámetros físicos del Río Ilave superan los estándares de calidad ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, en la provincia de El Collao - Puno, 2026.		Variable Dependiente: Calidad del agua	Dimensión 2: Parámetros químicos	Demanda Química de Oxígeno (DQO) Fósforo Total (PT) Oxígeno Disuelto (OD) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) Nitrito (NO ₂), Nitrito (NO ₃) y Nitrógeno Amoniacal (NH ₄ ⁺ -N) Cloruros (Cl ⁻)	Evaluación basada en: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM
Problema Específico ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros químicos del Río Ilave en la provincia de El Collao - Puno, 2026?	Objetivo Específico Determinar la concentración de los parámetros químicos del Río Ilave en la provincia de El Collao - Puno, 2026.	Hipótesis Específicas Las concentraciones de los parámetros químicos del Río Ilave superan los estándares de calidad ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, en la provincia de El Collao - Puno, 2026.		Variable Dependiente: Calidad del agua	Dimensión 1: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua	Cumple con los ECA (1) No cumple con los ECA (0)	Evaluación basada en: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

Anexo 02: Instrumentos

Registro de Información de Campo – Muestreo de Agua

ROTULADO DE MUESTRA DE AGUA	
Código de muestra:	
Lugar de muestreo:	
Tipo de muestra:	
Fecha:	
Hora:	
Tipo de análisis:	
Responsable:	
Observaciones:	

Anexo 03: Registro Fotográfico



Figura 04: Vista general de la zona de estudio (río llave).



Figura 05: Toma de muestra de agua en el punto M1.



Figura 06: Toma de muestra de agua en el punto M2.



Figura 07: Toma de muestra de agua en el punto M3.



Figura 08: Rotulado de las muestras para su análisis físico químico.



Figura 09: Acondicionamiento de las muestras de agua.



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

INFORME DE ENSAYO 0273/MQA

RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : RIO ILAVE.
INTERESADO : NILDA YUDIT LARIJO LAURA
MOTIVO : ANALISIS FISICO - QUIMICO.
FECHA DE MUESTREO : 22/04/2026 (por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 23/04/2026.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incolora
Olor : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FISICOS:

PARAMETROS	UNIDAD	M - 01	M - 02	M - 03	METODOLOGÍA
pH		6.95	7.57	7.40	Potenciómetro
C.E	µS/cm	320	540	890	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	13.80	13.76	13.58	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	210	350	620	Evaporación y pesaje
Turbidez	NTU	8.5	22.4	45.7	Turbidímetro
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	7.8	5.6	3.9	Sonda oxímetro

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/L	1615	1900	1881	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/L	887.20	831.75	887.20	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/L	35	75	140	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/L	280	310	280	Espectrofotometría (Método de bario)
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	1.5	4.8	9.6	método colorimétrico
Nitritos (como NO ₂ ⁻)	mg/L	0.80	1.20	0.90	Colorimétrico (Griess)
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/L	136.8	129.2	121.6	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/L	307.19	380.55	380.55	Titulación con EDTA
Demanda Bioquímica de Oxígeno (como DBO ₅)	mg/L	3.2	8.5	18.7	Método cerrado con dicromato
Demanda Química de Oxígeno (como DQO)	mg/L	10.5	25.3	48.6	Método cerrado con dicromato
Nitrógeno amoniacal (NH ₃)	mg/L	6.0	8.0	7.0	Colorimétrico
Fosfatos (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.4	1.2	2.8	Método molibdato-ascórbico

INTERPRETACION:

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

- La muestra se recepcionó en el laboratorio.

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

Figura 10: Resultados del laboratorio.