

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DEL RÍO ILAVE,
PROVINCIA DE EL COLLAO - 2024**

PRESENTADA POR:

JUAN VIZNEY VILLACA CCALLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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



13.62%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 10 APR 2025, 2:50 PM

Similarity report

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

● IDENTICAL
2.83%

● CHANGED TEXT
10.79%

Report #25740265

JUAN VIZNEY VILLACA CCALLO // EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DEL RÍO ILAVE, PROVINCIA DE EL COLLAO - 2024 RESUMEN El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río Ilave, provincia de El Collao - 2024 según DS N°004-2017 MINAM. 50 La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, con un tipo de estudio observacional, descriptivo y transversal, y un diseño no experimental. La población del estudio estuvo conformada por el cuerpo de agua del río Ilave, y para el muestreo se seleccionaron tres puntos estratégicos. La recolección de muestras se llevó a cabo siguiendo los lineamientos establecidos en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Los resultados indicaron que los parámetros fisicoquímicos de temperatura (18.40°C en M-1, M-2 y M-3), sólidos totales disueltos (33.20 mg/L en M-1, 32.90 mg/L en M-2, 33.40 mg/L en M-3), conductividad eléctrica (265.80 µS/cm en M-1, 266.00 µS/cm en M-2, 267.70 µS/cm en M-3), fósforo total (<0.01 mg/L en todas las muestras) y nitratos (2.40 mg/L en M-1, 2.70 mg/L en M-2, 2.90 mg/L en M-3) cumplieron con los límites establecidos. Sin embargo, los valores de DBO₅ (27.60 mg/L en M-1, 7.12 mg/L en M-2, 14.00 mg/L en M-3) y DQO (69.00 mg/L en M-1, 27.00 mg/L en M-2, 35.00 mg/L en M-3)

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

TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DEL RÍO ILAVE,
PROVINCIA DE EL COLLAO - 2024**

PRESENTADA POR:

JUAN VIZNEY VILLACA CCALLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO

:



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

SEGUNDO MIEMBRO

:



Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ingeniería Ambiental

Puno, 15 de abril del 2025.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme la oportunidad de estar aquí, a mis queridos padres, quienes con su amor incondicional y su sabiduría ancestral han inculcado los valores y la fuerza de seguir adelante.

Con mucho amor y gratitud a mis queridos padres, cuyos esfuerzos y sacrificios aseguraron mi formación profesional, quienes me mostraron su amor, me animaron a seguir adelante y me dieron coraje para enfrentar cualquier dificultad para lograr mis objetivos.

Juan Vizney Villaca Ccallo

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos - Puno, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

Agradezco a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por ser la plataforma que ha nutrido mi crecimiento académico y profesional. Cada aula ha sido un espacio de aprendizaje valioso, donde he adquirido conocimientos sólidos y habilidades prácticas que me han preparado para los desafíos del mundo laboral.

Agradezco a todos los docentes por su enseñanza con su esfuerzo y dedicación, que han contribuido en la educación y crecimiento en la formación como profesional y persona.

Agradezco en forma especial a mis jurados Mg. Elvira Anani Durand Goyzueta, Dr. Esteban Isidro Leon Apaza y a la Dra. Marlene Cusi Montesinos, que con su colaboración se hizo realidad la culminación de la investigación.

Mi agradecimiento singular a mí asesor de tesis Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, quien, con su asesoramiento, conocimiento y experiencia, me apoyó para hacer posible la culminación del presente trabajo de investigación y agradecer por brindarme su valioso tiempo y comprensión.

Juan Vizney Villaca Ccallo

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.2. ANTECEDENTES	17
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	17
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	18
1.2.3. A NIVEL REGIONAL	20
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	24
2.1.1. EL AGUA	24
2.1.2. CALIDAD DEL AGUA	25
2.1.3. PARÁMETROS FISICOQUÍMICO	26
2.1.4. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	30
2.1.5. CONTAMINACIÓN DEL AGUA	30
2.1.6. TIPOS DE CONTAMINANTES DEL AGUA	31
2.1.7. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA	33
2.2. MARCO CONCEPTUAL	34
2.3. MARCO NORMATIVO	36
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	37
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	37
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	38

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO	39
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	39
3.2.1. POBLACIÓN	39
3.2.2. MUESTRA	40
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	42
3.3.1. TÉCNICAS	42
3.3.2. INSTRUMENTOS	42
3.3.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS	43
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	45

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	45
CAPÍTULO IV	
EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. RESULTADOS LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	47
4.2. RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	65
4.3. PROCESO DE PRUEBA DE HIPÓTESIS	70
4.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	70
4.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 01	71
4.3.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 02	73
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Descripción de estaciones de monitoreo del río llave	41
Tabla 02: Operacionalización de variables	45
Tabla 03: Temperatura de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)	47
Tabla 04: Sólidos totales disueltos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)	49
Tabla 05: Conductividad eléctrica de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)	52
Tabla 06: Potencial de hidrógeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)	54
Tabla 07: Demanda bioquímica de oxígeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)	56
Tabla 08: Demanda química de oxígeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)	58
Tabla 09: Fósforo total de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)	61
Tabla 10: Nitratos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)	63
Tabla 11: Coliformes Totales de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)	65
Tabla 12: Coliformes Termotolerantes de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación de los 3 puntos de muestreo (aguas arriba, zona intermedia y aguas abajo)	42
Figura 02: Temperatura de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.	47
Figura 03: Sólidos totales disueltos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.	50
Figura 04: Conductividad eléctrica de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.	52
Figura 05: Potencial de hidrógeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.	54
Figura 06: Demanda bioquímica de oxígeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.	57
Figura 07: Demanda química de oxígeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.	59
Figura 08: Fósforo total de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.	61
Figura 09: Nitratos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.	63
Figura 10: Coliformes totales de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.	65
Figura 11: Coliformes Termotolerantes de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.	68
Figura 12: Recolección de muestras de agua superficial en el río llave – Punto M-2	97
Figura 13: Recolección de muestras de agua superficial en el río llave – Punto M-3	97
Figura 14: Recolección de muestras de agua superficial en el río llave – Punto M-2	98
Figura 15: Recolección de muestras de agua superficial en el río llave – Punto M-1	98
Figura 16: Recolección de muestras de agua superficial en el río llave – Punto M-1	99

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia: EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DEL RÍO ILAVE, PROVINCIA DE EL COLLAO - 2024	89
Anexo 02: Formulario para toma de muestra de agua y evaluación	90
Anexo 03: Decreto supremo n°004-2017 minam	91
Anexo 04: Resultados del análisis de laboratorio	96
Anexo 05: Fotografías de la recolección de muestras de agua	97

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao - 2024 según DS N°004-2017 MINAM. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, con un tipo de estudio observacional, descriptivo y transversal, y un diseño no experimental. La población del estudio estuvo conformada por el cuerpo de agua del río llave, y para el muestreo se seleccionaron tres puntos estratégicos. La recolección de muestras se llevó a cabo siguiendo los lineamientos establecidos en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Los resultados indicaron que los parámetros fisicoquímicos de temperatura (18.40°C en M-1, M-2 y M-3), sólidos totales disueltos (33.20 mg/L en M-1, 32.90 mg/L en M-2, 33.40 mg/L en M-3), conductividad eléctrica (265.80 μ S/cm en M-1, 266.00 μ S/cm en M-2, 267.70 μ S/cm en M-3), fósforo total (<0.01 mg/L en todas las muestras) y nitratos (2.40 mg/L en M-1, 2.70 mg/L en M-2, 2.90 mg/L en M-3) cumplieron con los límites establecidos. Sin embargo, los valores de DBO₅ (27.60 mg/L en M-1, 7.12 mg/L en M-2, 14.00 mg/L en M-3) y DQO (69.00 mg/L en M-1, 27.00 mg/L en M-2, 35.00 mg/L en M-3) superaron los estándares permisibles (≤ 10 mg/L y ≤ 30 mg/L, respectivamente). En cuanto a los parámetros microbiológicos, se detectaron niveles altos de coliformes totales (400 NMP/100 ml en M-1, 1400 NMP/100 ml en M-2, 6400 NMP/100 ml en M-3) y coliformes termotolerantes (30 NMP/100 ml en M-1, 70 NMP/100 ml en M-2, 110 NMP/100 ml en M-3), superando ampliamente los límites permitidos de 50 y 20 NMP/100 ml, respectivamente. A partir de estos resultados, se concluyó que la calidad del agua del río llave no cumple con los estándares de calidad ambiental debido a la contaminación orgánica y microbiológica.

Palabras clave: Agua, Calidad, Fisicoquímico, Microbiológico, Parámetros.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the concentration of physicochemical and microbiological parameters in the waters of the Ilave River, El Collao province - 2024 according to DS N° 004-2017 MINAM. The research had a quantitative approach, with an observational, descriptive and cross-sectional study type, and a non-experimental design. The study population consisted of the Ilave River water body, and three strategic points were selected for sampling. Sample collection was carried out following the guidelines established in Chief Resolution N° 010-2016-ANA. The results indicated that the physicochemical parameters of temperature (18.40 ° C in M-1, M-2 and M-3), total dissolved solids (33.20 mg / L in M-1, 32.90 mg / L in M-2, 33.40 mg / L in M-3), electrical conductivity (265.80 μ S / cm in M-1, 266.00 μ S / cm in M-2, 267.70 μ S / cm in M-3), total phosphorus (<0.01 mg / L in all samples) and nitrates (2.40 mg / L in M-1, 2.70 mg / L in M-2, 2.90 mg / L in M-3) complied with the established limits. However, the BOD₅ (27.60 mg/L in M-1, 7.12 mg/L in M-2, 14.00 mg/L in M-3) and COD (69.00 mg/L in M-1, 27.00 mg/L in M-2, 35.00 mg/L in M-3) values exceeded the permissible standards (\leq 10 mg/L and \leq 30 mg/L, respectively). Regarding microbiological parameters, high levels of total coliforms (400 MPN/100 ml in M-1, 1400 MPN/100 ml in M-2, 6400 MPN/100 ml in M-3) and thermotolerant coliforms (30 MPN/100 ml in M-1, 70 MPN/100 ml in M-2, 110 MPN/100 ml in M-3) were detected, far exceeding the permissible limits of 50 and 20 MPN/100 ml, respectively. From these results, it was concluded that the water quality of the Ilave River does not meet environmental quality standards due to organic and microbiological contamination.

Keywords: Water, Quality, Physicochemical, Microbiological, Parameters.

INTRODUCCIÓN

El agua, en su calidad de recurso hídrico, representó un componente crucial e imprescindible para el desarrollo y la operatividad de todas las actividades humanas realizadas en la vida cotidiana. Por consiguiente, fue esencial que el agua utilizada contara con una calidad óptima, la cual requirió una adecuada supervisión y control mediante una monitorización rigurosa. Específicamente, el agua proveniente del río llave fue empleada sin haber sido previamente sometida a ningún tipo de tratamiento. Esta utilización se extendió tanto al consumo por parte de animales de granja lo cual implicó un riesgo considerable para la salud agrícola y pecuaria como al consumo directo por los pobladores que residían en las riberas del río, exponiéndose a potenciales complicaciones sanitarias (Arce et al., 2022).

Dada la considerable importancia que tuvo para la salud pública y el medio ambiente el conocimiento preciso sobre la calidad del agua en la cuenca del río llave, el presente estudio se enfocó en realizar un análisis exhaustivo para evaluar dicha calidad. Esta labor se llevó a cabo mediante un análisis físico-químico y microbiológico riguroso. Los datos obtenidos fueron fundamentales para estimar, con cierto grado de precisión, el nivel de contaminación presente en las aguas de la cuenca del río llave, desde sus fuentes de origen hasta su desembocadura en el lago Titicaca.

El estudio contribuyó al ámbito científico mediante la creación de una base de datos con los resultados obtenidos. Esta base de datos constituyó una herramienta técnica e informativa de gran utilidad, que las autoridades podrían emplear para presentar, de manera visual y simplificada, la situación actual de los recursos hídricos de la ciudad de llave. Asimismo, los datos generados resultaron fundamentales para el desarrollo e implementación de futuros instrumentos, planes y programas orientados a la gestión y la intervención, con un enfoque en la protección de la salud pública y la preservación de los ecosistemas acuáticos.

Desde una perspectiva social, el rápido crecimiento poblacional observado a lo largo del río llave provocó un incremento significativo en la generación de residuos sólidos. Paralelamente, se produjo un aumento en el vertimiento de aguas residuales domésticas, lo cual contribuyó de forma considerable a la contaminación que afectó negativamente el cauce del río llave. Los hallazgos obtenidos en relación con la calidad del agua del río llave fueron fundamentales para proporcionar fuentes de información que permitiera un uso adecuado y sostenible de los recursos hídricos. Además, contribuyeron a generar conciencia sobre la importancia de la segregación de residuos sólidos y la necesidad de tratar eficazmente las aguas residuales antes de ser vertidas al río. Estos resultados también fueron clave para facilitar la toma de decisiones informadas en áreas esenciales como la salud pública, la protección del medio ambiente y, en términos más amplios, el bienestar social, con el potencial de generar un impacto positivo y significativo en la realidad de la región y la provincia de El Collao - llave.

El presente trabajo se desarrolló en cuatro capítulos. En el capítulo I se abordó el planteamiento del problema, presentando el inicio de la investigación, la formulación de los problemas, la justificación del estudio, los antecedentes previos y los objetivos. El capítulo II estuvo dedicado al marco teórico, incluyendo las teorías utilizadas, el marco conceptual y la hipótesis de la investigación. En el capítulo III se detalló la zona de estudio, el tamaño muestral, los métodos y técnicas empleadas, el diseño estadístico y la operacionalización de las variables. Por último, en el capítulo IV se expusieron y analizaron los resultados obtenidos, siendo este un capítulo clave al presentar los hallazgos de todo el proceso investigativo. Finalmente, se presentaron las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el agua sin lugar a dudas, se considera uno de los recursos más cruciales y valiosos que existen en el mundo. Es absolutamente esencial no sólo para mantener la vida en todas sus formas, sino también para promover el desarrollo humano y asegurar la salud del medio ambiente en nuestro planeta. Dado que el agua es un recurso líquido absolutamente esencial para la existencia y sostenibilidad de la vida en nuestro planeta, es fundamental que la gestión de estos recursos vitales se lleve a cabo de manera eficaz (Nieto 2019). Esto implica la necesidad de adoptar un enfoque que sea integral y que contemple la interrelación entre el desarrollo económico, los aspectos sociales, así como la protección y conservación de los ecosistemas naturales que nos rodean. Los cuerpos de agua dulce, que son esenciales para la vida y el equilibrio de los ecosistemas, se están volviendo cada vez más perjudicados por las contaminaciones ocasionadas por efluentes de aguas residuales provenientes de fuentes municipales, así como de actividades industriales y mineras (Salas et al., 2020).

Además, se observa la presencia de contaminantes emergentes, lo cual agrava aún más la situación de contaminación de estos valiosos recursos hídricos. En el contexto actual, se ha observado un alarmante incremento en la contaminación del agua, específicamente causada por la presencia de materia orgánica (Dueñas & Chau, 2023). Este fenómeno se

debe, en gran medida, al aumento en la cantidad de descargas de aguas residuales procedentes de los municipios. Como resultado de estas descargas, los cuerpos de agua, en particular los ríos, están experimentando un notable aumento en su grado de contaminación. Esta situación, a su vez, está llevando a una significativa degradación de la calidad del agua, lo cual es preocupante para el ecosistema y la salud pública (Ortiz et al., 2019).

Por otro lado, el notable incremento de la población, junto con el avance y crecimiento económico, la intensificación en las prácticas de producción agrícola y la expansión continua de las áreas urbanas, está dando lugar a un aumento significativo en la demanda de recursos hídricos. Dicha situación se complica aún más debido a que la disponibilidad de agua se torna cada vez más incierta y variable con el paso del tiempo. Las áreas urbanas y sus correspondientes desarrollos habitacionales representan una significativa fuente de contaminación ambiental, especialmente en naciones que se encuentran en proceso de desarrollo (Fernández & Guardado, 2021). Esto se debe a que suelen mostrar deficiencias considerables en la gestión y tratamiento de sus aguas residuales. La insuficiente infraestructura de saneamiento que poseen estas localidades es una de las principales razones de este problema, lo que a su vez resulta en la contaminación de los recursos hídricos disponibles, afectando así el medio ambiente y la salud pública (Oblitas, 2020).

De acuerdo con un informe emitido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2021, se estima que un mínimo de 2000 millones de personas en todo el mundo obtienen su suministro de agua de fuentes que están contaminadas debido a la presencia de aguas residuales domésticas. Los datos mencionados continuarán en aumento de manera similar a cómo se incrementará la demanda de agua en el futuro. Asimismo, se proyecta que para el año 2025, aproximadamente el cincuenta por ciento de la población global residirá en áreas que enfrentan una grave escasez de agua. En los últimos años,

hemos observado un alarmante aumento en la contaminación de nuestros ríos, un fenómeno que ha alcanzado niveles inmoderados (Organización Mundial de la Salud, 2021). Este grave problema se debe principalmente a que muchas empresas todavía no están informadas sobre la correcta manera de utilizar este invaluable recurso natural. Como resultado, estas industrias continúan desechando grandes cantidades de productos contaminantes, que son subproductos de sus procesos de producción, sin considerar el impacto negativo que esto tiene en el medio ambiente y en la salud pública (Larrea et al., 2022). Además de esos factores, también se debe considerar el notable incremento en las temperaturas, el empleo de pesticidas en el ámbito agrícola, así como la devastadora deforestación que está ocurriendo. La falta de una práctica constante y consciente de la cultura ambiental por parte de la población humana tiene un impacto significativo en los niveles de contaminación que se presentan, afectando de manera alarmante nuestros recursos naturales, ya sea en el agua, el suelo o incluso en la calidad del aire que respiramos (Arce et al., 2022).

A nivel nacional, la problemática relacionada con la contaminación del agua, especialmente derivada de las aguas residuales, se ha manifestado como uno de los desafíos más significativos que ha persistido a lo largo de varias décadas. Este problema no solo deteriora la calidad de vida de los habitantes, sino que también repercute negativamente en el medio ambiente en general (Villarreal, 2020). En los últimos años, los recursos hídricos han experimentado un notable deterioro, y esto se debe fundamentalmente a que una gran proporción de las aguas residuales generadas no recibe el tratamiento adecuado y es devuelta a los cuerpos de agua en un estado completamente contaminado. Como consecuencia de esta situación alarmante, la calidad del agua disponible no satisface las expectativas y necesidades de la población, lo que genera un intenso malestar y preocupación social (Alderete, 2022).

Durante la travesía del río llave, la polución más notable se deriva de las descargas de aguas residuales procedentes de la ciudad. Estas aguas residuales son descargadas directamente en el río, que desempeña un papel de recipiente receptor. Por consiguiente, resulta pertinente llevar a cabo este estudio con el objetivo de salvaguardar la salud de la población y el medio ambiente, proporcionando información actualizada y auténtica acerca de la calidad del agua del río llave. La falta de información precisa acerca de la calidad del agua podría tener un impacto severo en la salud de las poblaciones y el medio ambiente. Es crucial destacar que existen múltiples zonas identificadas como áreas críticas en las que se acumulan residuos sólidos, lo cual intensifica aún más la problemática del río.

Por consiguiente, es de suma importancia realizar este estudio, cuyo propósito principal es determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las aguas del río llave, perteneciente a la provincia de El Collao. La información adquirida poseerá una importancia considerable, dado que podrá actuar como un instrumento valioso que facilitará una administración ambiental eficaz y el proceso de toma de decisiones apropiadas.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao - 2024 de acuerdo a los ECA DS N°004-2017 MINAM.?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao según ECA - DS N°004-2017 MINAM.?

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao según los ECA DS N°004-2017 MINAM?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Cárdenas (2020), realizó un estudio con la finalidad de evaluar la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica del Río Tutanangoza mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y su aplicación ICA-NSF durante el periodo enero 2020 - junio 2020. Los parámetros morfométricos dieron a conocer que la microcuenca del Río Tutanangoza presenta una forma ligeramente alargada y que debido a ello se encuentra expuesta medianamente a crecientes e inundaciones. Por otro lado, el sistema de drenaje que posee esta microcuenca es catalogado como pobre, presentando un alto grado de infiltración y escurrimiento medio, debido a su pendiente moderada alta, su forma ligeramente alargada y, a la composición de sus materiales permeables con una alta densidad de vegetación. En la comparativa de los análisis de las muestras con la legislación ambiental vigente (TULSMA), se dio a conocer el incumplimiento en toda la campaña de monitoreo para los puntos P.C.2, P.C.3 y P.C.4, en este caso con los valores máximos registrados que sobre pasaban los límites permisibles de los siguientes parámetros: DBO₅: 2,8 mg/l; Turbiedad: 222,4 y Coliformes: 2300 NMP/100 ml para la primera campaña de monitoreo, debido a la presencia de altas precipitaciones en el mes de febrero, material orgánico de origen animal y al desagüe de las comunidades, por ende, a medida que avanza el río aguas abajo, se muestra una tendencia de deterioro.

Sanguil (2022), desarrolló un estudio con el objetivo de evaluar la calidad del agua mediante el índice de calidad de agua ICA-NSF del río Quero, Cantón Quero. Concluyendo que el agua del río Quero es de calidad regular, aceptable para especies poco sensibles y usable para actividades de riego agrícola, y con fines recreativos, pero

no apta para consumo humano sin previo tratamiento eficiente. Asimismo, el agua del Río Quero pese a estar dentro de la categoría de calidad regular de buen indicador para regadío, según los análisis hidroquímicos realizados tiene la capacidad de alcalinizar los suelos por sus características de tipo bicarbonatadas sódica, lo cual la convierte en un riesgo para el riego de cultivos, sobre todo en temporada seca. Las principales fuentes de contaminación antrópica del Río Quero son: desfogue del sistema de alcantarillado del cantón y comunidades aledañas en el cauce del río, el relleno sanitario cerrado cercano al cauce, pero sin fugas evidentes de lixiviados, y las actividades agropecuarias. Los componentes que se encuentran sobre el límite máximo permisible según la normativa vigente son: los coliformes fecales, DBO₅ y la turbiedad. La hidroquímica del agua del Río Quero es de tipo Bicarbonatada sódica, según los patrones encontrados predominan aniones de bicarbonatos y cationes de sodio, típico en aguas continentales.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Alberca (2020), su investigación fue llevada a cabo con la finalidad de valorar la calidad del agua del río Huancabamba a través del examen de ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, la identificación de causas y la propuesta de soluciones alternativas. En conclusión, los valores registrados de la temperatura por punto de monitoreo durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2020 fueron: para el punto 01 de 20,05 °C, para el punto 02 de 18,73 °C y para el punto 03 de 17,5 °C en promedio. Es importante destacar que la temperatura de las aguas del río Huancabamba está experimentando una disminución en comparación con los puntos 01; 02 y 03. Con una temperatura promedio de 18,76 °C. Respecto a la fluctuación del pH en relación con los meses de septiembre, octubre y noviembre. En promedio, el punto 01 registró una media de 7,97, el punto 02 registró una media de 8,31, mientras que el punto 03 registró una media de 8,20.

Sias (2023), la finalidad de su estudio fue establecer la calidad del agua en el río Huallaga y sus tributarios, basándose en el índice de Oregón en la región de Tingo María – Huánuco. La calidad del agua, fundamentada en el Índice de Oregón, estableció que tanto el río Tulumayo (OWQI 12,59 hasta 15,82) como el río Monzón (OWQI 13,86 hasta 19,20) se clasifican como "MUY POBRE" en los tres sitios de muestreo correspondientes a cada río, durante ambas etapas anuales. De manera análoga, el río Huallaga exhibe una calificación equivalente en términos de calidad. Todos los parámetros contemplados en la normativa nacional para la categoría A1 y B1 se encuentran dentro de lo aceptable, a excepción del P, cuyo valor excedió lo establecido para la categoría A1.

Cabanillas (2022), llevó a cabo una investigación para establecer los grados de calidad ambiental del agua del río Nanay en relación con la construcción del Puente Nanay y sus respectivos viaductos de acceso. Se reportan resultados inferiores al estándar de calidad ambiental (ECA) para agua de 5.0 mg/l en la Categoría 4 E2: Ríos de la Selva, estipulado en el DS N°004-2017-MINAN. De manera similar, los valores observados en el color del agua superficial excede el estándar de calidad ambiental de 20.0 color verdadero escala Pt/Co en la categoría 4 E2: ríos de la selva. Esto se atribuye a la corriente anual de agua, un fenómeno intrínseco y característico de los ríos de la selva. La concentración de nitratos (NO₃) en el agua superficial se evidencia por debajo del Estándar de Calidad Ambiental para agua, establecido en la Categoría 4 -E2: Ríos de la Selva.

Muñoz & Ruiz (2020), llevó a cabo una investigación para establecer la calidad del agua del río Chinchipe, durante su travesía por el Centro Poblado de Puerto Chinchipe, Cajamarca, Perú. Desde una perspectiva fisicoquímica, el agua del río Chinchipe, durante su travesía por el núcleo urbano de Puerto Chinchipe, satisface exclusivamente los siguientes parámetros: La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la demanda química de oxígeno (únicamente en los puntos dos y tres), el oxígeno disuelto, el potencial de hidrógeno y la temperatura. Sin embargo, en relación a los aceites y grasas, el color y la

demanda bioquímica de oxígeno (únicamente en el punto uno), estos no exhibieron concentraciones dentro de los parámetros permitidos para la mencionada caracterización. Además, se estableció que el nivel de plomo en el río Chinchipe es inferior a 0.038 mg/l, lo que implica que el agua del río Chinchipe satisface los criterios de calidad ambiental estipulados en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

García (2022), realizó un estudio con la finalidad de valorar la calidad microbiológica del agua del río Camaná, en el año 2021. La investigación concluye que los valores de Nitrógeno Monofosfato (NMP) para coliformes termotolerantes en cada uno de los puntos de muestreo se encontraban por debajo del límite permisible (790 NMP/100 ml) conforme a la normativa de agua para riego de cultivos. Se detectó la presencia de Escherichia Coli (790 NMP/100 ml), no obstante, los valores no excedieron el límite permitido estipulado en la normativa de agua para riego de cultivos. Para los parámetros fisicoquímicos del río Camaná, la temperatura experimentó variaciones entre 18 ° C y 19 ° C, y en lo que respecta al pH, se registró un valor de 6 en todas las muestras analizadas.

Briones & Linares (2021), llevaron a cabo una investigación con el propósito de establecer una gestión ambiental orientada a la restauración de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Inambari, fundamentada en los hallazgos de los Monitoreos de Calidad del Agua Superficial. Se instauró una Gestión Ambiental apropiada, dado que el análisis aplicado a la Cuenca Inambari no se limita a la identificación de soluciones o medidas a implementar, sino que también implica la recopilación de información precisa, la síntesis, la extracción del insumo principal y su procesamiento conforme a nuestros objetivos fundamentales. En consecuencia, se concluyó que la calidad fisicoquímica no es apropiada para el área de estudio. A pesar de contar con áreas consideradas "buenas", se puede inferir que la falta de información en los resultados de los primeros monitoreos históricos y la no pertenencia a una única región en relación con la altitud.

1.2.3. A NIVEL REGIONAL

Espinoza (2022), llevó a cabo una investigación para medir la pureza del agua en la subcuenca alta del río Llallimayo, analizando los parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos, y descubriendo los elementos contaminantes que pueden estar en conflicto con los Estándares de Calidad del Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM. El análisis revela que la subcuenca parte alta del río Llallimayo se compone de los ríos Pataqueña y Chacapalpa, nacidos del encuentro con el río Azufrini, con parámetros fisicoquímicos como pH de 9,7 y 6,3; temperatura de 9,5 y 9,8 °C; y velocidades de corriente entre 1582 y 2674 $\mu\text{S}/\text{cm}$. • Los niveles de los parámetros orgánicos-metales pesados se encuentran en: Los valores de aluminio y arsénico oscilan entre 0,38 mg/L y 13,167 mg/L; Arsénico = 0,07760 mg/L y 0,10622 mg/L; Cobre = 0,00165 mg/L y 1,56238 mg/L; Manganeso = 0,01142 mg/L y 0,48139 mg/L; Mercurio = < 0,00009 mg/L y Plomo = 0,0009 mg/L y 0,0019 mg/L. Se descubrieron cifras como pH = 9,9 y 6,3; CE = 2674 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Aluminio = 13,167 mg/L; Arsénico = 0,10622 mg/L; Cobre = 1,56238 mg/L; Manganeso = 0,48139 mg/L y Coliformes termotolerantes = 3300 NMP/100 ml, que superan los estándares de Calidad Ambiental dictados por el D.S. N° 004-2017-MINAM.

Coila (2022), llevó a cabo una investigación para desentrañar los parámetros físico químicos, la carga orgánica presente y los metales pesados presentes en los ríos Torococha y Coata Caracoto-San Román - Puno. Los hallazgos de los parámetros físico químicos, pH, conductividad y sólidos suspendidos totales revelan que los sólidos suspendidos totales superan los límites máximos permitidos. Necesidad de oxígeno (M2), 98 mg/l, Coliformes (M2), 49000 NMP/100ml, Conductividad (M1), (M2), (M3), 2140 uS/cm, demanda química de oxígeno (M2), 216 mg/l, sólidos suspendidos totales (M2), 29 mg/l, Aceites (M2), 10.3 mg/l, superan los límites máximos permitidos, lo que implica que el agua no está autorizada para ser utilizada por personas. De acuerdo con las investigaciones químicas llevadas a cabo por metales robustos: La cantidad de Arsénico

(As) M3, 0.02782 mg/l, Cadmio (Cd) M1, 0.00005 mg/l, Cobre (Cu) M2, 0.002 mg/l, Mercurio (Hg) M2, 0.0005mg/l, Plomo (Pb) M3, 0.0009mg/l, Cromo (Cr) M2, 0.00054 mg/l y Zinc (Zn) M2, 0.016 mg/l, se encuentra dentro de los límites máximos autorizados.

Callata (2022), llevó a cabo una investigación con la finalidad de establecer la calidad del agua en función de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados presentes en los ríos Coata y Torococha, ubicados en la provincia de San Román - Puno. Según la determinación de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos, las aguas del río Torococha exhiben niveles superiores de conductividad eléctrica, sólidos totalmente disueltos, valores inferiores de oxígeno disuelto y el espectro de valores de pH obtenidos en las aguas analizadas se situó entre 7.58 y 8.39 con un pH ligeramente alcalino. La composición química presentada se caracteriza por ser "clorurada cálcica magnésica" y "clorurada y/o sulfatada cálcica magnésica". Se detectó la presencia de concentraciones de metales pesados como Al, As, Fe y Mn en las aguas del río Torococha, dado que no todas las concentraciones de los parámetros examinados satisfacen los límites permitidos establecidos por la ECA-AGUA para las categorías evaluadas "A1, A2, D1, D2 y E2". Las interacciones geoquímicas con iones tales como Mg/Ca, SO₄/Cl, Na/Ca, Na/Mg, Ca/Cl, Mg/Cl, Na/Cl y NO₃/Cl facilitaron la identificación de los procesos que alteraron la composición química de las aguas superficiales analizadas.

Espinoza (2022), realizó una investigación con la finalidad de establecer la concentración de los parámetros físicos y químicos en las aguas superficiales del río Coata, específicamente en la zona baja del Distrito de Coata 2022. Como resultado, se determinaron los parámetros físicos del agua en la región del río Coata, tales como la temperatura (12,9 °C), la conductividad eléctrica (CE) de 393 y 460 µS/cm, los sólidos disueltos totales (SDT) de 117.40 y 229 mg/L, la turbidez (7.56 y 0.90 NTU), el pH (8,11 y 8.27 unidades), el cloruro (307.90 y 319.90 mg/L), y los sulfatos (253 y 215.60 mg/L). Al

comparar los resultados, se dedujo que la conductividad eléctrica se encuentra por debajo del límite permitido, y el pH no superó los límites permitidos. Los demás parámetros se encuentran fuera de los estándares de calidad ambiental para el agua, lo que resulta en una incidencia negativa y directa sobre la desembocadura del lago Titicaca.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao - 2024 según DS N°004-2017 MINAM.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao según DS N°004-2017 MINAM.
- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao según DS N°004-2017 MINAM.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. EL AGUA

El agua es un elemento de la naturaleza, una sustancia que químicamente se formula como H₂O, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para la producción de la vida, es un elemento indispensable para el sostenimiento del ecosistema ya que contribuye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible (Marsily, 2005).

El agua natural, al estar en conexión con diferentes agentes como (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.) incorporan parte de los mismos por disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio, a esto es preciso unir la existencia de un gran número de seres vivos en el medio acuático que interrelacionan con el mismo, mediante diferentes procesos biológicos en los que se consume y desprenden distintas sustancias (Gastañaga, 2018); es considerado como el disolvente universal, capaz de formar reacciones con otros elementos, entre ellos los metales pesados, el agua se contamina cuando una sustancias o condición altera su composición o estado (González, 2013), presenta tres estados: líquido (ríos, arroyos, mares), sólido (hielo) y gaseoso (nubes y niebla). Desde el punto de vista químico, el agua en estado puro es un compuesto binario formado por oxígeno e hidrógeno, el agua, ya sea en cualquiera de los estados, es esencial para (consumo humano, animal, generación eléctrica, riego,

turismo, recreación, industrial, etc.) (Suárez, 2019); es un recurso natural escaso, indispensable para la vida humana y el sostenimiento del medio ambiente, durante décadas, toneladas de sustancias biológicas activas, sintetizadas para su uso en la agricultura, la industria, la medicina, etc, han sido vertidas al medio ambiente sin reparar en las posibles consecuencias, al problema de la contaminación, que comenzó a hacerse notable ya a principios del siglo XIX (Barceló & López, 2022).

2.1.2. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua, un recurso vital para la vida en el planeta, se determina a partir de su compleja composición y una serie de características físicas, químicas y microbiológicas que son el resultado de una variedad de procesos tanto naturales como provocados por la actividad humana. La calidad natural del entorno, su variación espacial y temporal, se ven inevitablemente alteradas como resultado de las numerosas actividades humanas que se llevan a cabo en consonancia con las particularidades intrínsecas de dichas dinámicas, lo que puede desencadenar la contaminación del medio (Marín, 2004). Por consiguiente, con estas características particulares, la calidad de un cuerpo de agua puede ser considerada apta para un uso específico o, por el contrario, inapropiada. Asimismo, el concepto de calidad del agua abarca las propiedades y atributos que el agua debe poseer para ser apta y segura en su aplicación específica, ya sea en procesos industriales, en el suministro de agua potable para la población, o en el abastecimiento de animales de granja, principalmente (Villa, 2022), se trata de una cuantificación de la calidad del agua en relación con los requerimientos de una o más especies y/o cualquier necesidad o uso humano. Esta condición se evalúa habitualmente en función de las propiedades químicas, físicas y biológicas del agua y se evalúa en función de su propósito. Los criterios se fundamentan en niveles específicos de contaminantes que podrían perjudicar la calidad del agua si se emplea para beber, natación, agricultura, producción de pescado o usos industriales. Además, establece los estándares de calidad

del agua como los estándares ambientales para los cuerpos de agua adoptados por el estado y aprobados por la EPA. Los requerimientos de calidad del agua fluctúan en función del uso que se le vaya a otorgar, por ejemplo, en actividades como la agricultura, la pesca, la propagación de vida silvestre, actividades recreativas o industriales específicas, o la generación de energía (Suárez, 2019).

2.1.3. PARÁMETROS FISICOQUÍMICO

Los parámetros fisicoquímicos proporcionan una información exhaustiva sobre la naturaleza de las especies químicas presentes en las aguas y sus características físicas, sin proporcionar datos sobre su impacto en la vida acuática. Los métodos biológicos proporcionan dicha información, pero no indican nada acerca del contaminante o contaminantes responsables. Por ende, numerosos investigadores sugieren la aplicación de ambos métodos en la evaluación del recurso hídrico. Los parámetros químicos mantienen una mayor correlación con los agroquímicos y los metales pesados. Esta forma de contaminación es más prevalente en las aguas subterráneas en comparación con las aguas superficiales (Villena, 2019), La ventaja de utilizar parámetros físico-químicos radica en que sus análisis suelen ser considerablemente más rápidos y, además, pueden ser monitoreados con una frecuencia mucho mayor en contraste con los métodos biológicos. Estos últimos se fundamentan en la observación y medición de determinadas comunidades de organismos vivos presentes en los cuerpos de agua (Vidal, 2021).

a. Conductividad eléctrica (CE): La conductividad eléctrica se caracteriza como la habilidad de una sustancia para conducir la corriente eléctrica, siendo por ende, la oposición a la resistencia eléctrica. Se trata de una variable que está condicionada por el volumen de sales disueltas en un líquido. La unidad habitualmente empleada para la medición es el siemens/cm (S/cm), microsiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$) o milisiemens/cm (Ms/cm). La conductividad eléctrica de una solución se refiere a su

habilidad para transportar corriente eléctrica y facilita la determinación de la concentración de especies iónicas presentes en el agua. Esta cuantificación proporciona un valor que no se correlaciona de manera directa con la cantidad total de iones presentes en la solución, y también está vinculada con el residuo fijo mediante la expresión (Mendoza, 2019).

- b. Conductividad ($\mu\text{S/cm}$) x f = residuo fijo (mg/L):** En las soluciones acuosas, el valor de la conductividad está directamente relacionado con la concentración de sólidos disueltos. Por consiguiente, a medida que aumenta dicha concentración, también lo hace la conductividad, como se puede apreciar en los siguientes valores: agua pura, con una conductividad de $0.055 \mu\text{S/cm}$; agua destilada, con $0.5 \mu\text{S/cm}$; agua de montaña, con $1.0 \mu\text{S/cm}$; agua de uso doméstico, con una conductividad que oscila entre 500 y $800 \mu\text{S/cm}$; y agua de mar, con valores que varían entre 50.000 y $60.000 \mu\text{S/cm}$ (Chavarría et al., 2024).
- c. Temperatura (T°):** La temperatura del agua es un parámetro sumamente relevante debido a su gran influencia en diversos aspectos, tanto en el desarrollo de la vida acuática como en las reacciones químicas y velocidades de reacción. Además, afecta la idoneidad del agua para diferentes usos prácticos. La temperatura se convierte en un indicador clave de la calidad del agua, ejerciendo un impacto significativo en el comportamiento de otros indicadores de calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (Paredes, 2023).

La temperatura del agua ejerce una influencia significativa en la rapidez de los procesos fisiológicos de los organismos, incluyendo la respiración microbiana, la cual es responsable de gran parte de la autopurificación en los cuerpos de agua. Las altas temperaturas soportan tasas de crecimiento más aceleradas y permiten a ciertas biotas la obtención de poblaciones significativas. En condiciones naturales, la temperatura del

agua fluctúa entre 0°C y 30°C. En términos generales, el agua fría presenta un sabor más agradable en comparación con el agua tibia. La temperatura elevada del agua puede tener un impacto en la aceptabilidad de ciertos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar el sabor. La temperatura elevada del agua estimula la proliferación de microorganismos y puede intensificar los problemas de sabor, olor, color y corrosión (Rojas, 2022).

d. Potencial de hidrógeno (pH): El pH es el parámetro que establece la acidez, neutralidad o composición básica de una sustancia. El pH se define como la cantidad de iones o cationes hidrógeno [H⁺] presentes en una sustancia específica. El término sigla se traduce como (potencial de hidrógeno). En términos generales, el pH de las aguas naturales se mantiene en el rango de 6,5 a 8, aunque en circunstancias excepcionales puede oscilar entre 3 y 11, el pH desempeña un papel crucial en numerosos procesos biogeoquímicos de las aguas y puede estar regulado por reacciones de precipitación-disociación, por lo que su determinación debe realizarse durante el muestreo. La medición del pH se utiliza para cuantificar la intensidad de la acidez, la basicidad o la alcalinidad. El pH no señala la concentración de compuestos ácidos o alcalinos presentes en el agua, sino la fuerza que estos poseen (Huarcaya & Toribio, 2021).

e. Dureza: La dureza acuática cuantifica la habilidad del agua para absorber jabón o generar incrustaciones. Sin embargo, en la reacción con jabón para la producción de compuestos insolubles, pueden participar elementos como Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Ba, Zn. Actualmente, la dureza se cuantifica en función del contenido de Ca y Mg (dureza total), mientras que los términos dureza permanente y dureza temporal son menos empleados. Estas últimas representan la porción de dureza asociada al Cl⁻ al SO₄⁻² y la porción correspondiente a las especies carbónicas, respectivamente. La dureza suele expresarse en mg/L-1 de CaCO₃ o en grados franceses: °F = 10 mg/L-1 de

CaCO₃. Las aguas duras suelen ser incrustantes, mientras que las aguas blandas suelen ser agresivas (Ruiz, 2022).

- f. **Sólidos disueltos totales (TDS):** La cantidad total de sólidos disueltos (TDS) en el agua es un indicador crucial de su calidad. El TDS representa la suma de sales disueltas y puede medirse en diferentes unidades como miligramos por litro (mg/L), gramos por metro cúbico (g/m³) o partes por millón (ppm). Este valor refleja el peso de todas las sustancias disueltas en el agua, incluyendo aquellas de naturaleza volátil. Es importante tener en cuenta que el TDS no coincide exactamente con el residuo seco (RS) debido a diversos procesos como la deshidratación y la liberación de dióxido de carbono que ocurren al calentar el agua a 110 grados Celsius para obtener el residuo seco (Conejeros et al., 2021).

La mayoría de las sales presentes en el agua son calcio, magnesio y sodio. En aguas no salobres, el 90% del contenido salino del agua proviene de calcio y magnesio. Estos minerales son poco frecuentes en el uso humano. La calidad del agua se mide por su totalidad de sales, siendo el cloruro sódico una componente de esta salinidad, mientras que la dureza del agua (sales de magnesio y calcio) es otra faceta de su salinidad (Conejeros et al., 2021).

- g. **Oxígeno disuelto (OD):** Es un indicador crucial para medir la pureza del líquido vital, su existencia en el agua se origina gracias al oxígeno atmosférico y a la danza vital de la vida biológica en su interior. Es una métrica esencial para el medio ambiente, ya que su valoración revela y/o ilustra la habilidad de un río para revivir y mantener la vida acuática. La oxigenación del agua se origina principalmente mediante la disolución del oxígeno del aire y, en menor medida, mediante la producción de oxígeno en la fotosíntesis, especialmente de algas (Argota et al., 2020)

El oxígeno disuelto en el agua de consumo humano está moldeado por múltiples elementos, tales como los niveles de oxígeno en la fuente, la temperatura, el tratamiento

y los procesos químicos o biológicos que ocurren en el sistema de distribución. La disminución del oxígeno disuelto en los sistemas de abastecimiento puede provocar una reducción microbiana del nitrato a nitrito y del sulfato a sulfuro, elevando la concentración de hierro ferroso en soluciones, provocando un cambio de calor al entrar en contacto con el aire al salir del grifo. No se sugiere un valor de referencia basado en sus efectos sobre la salud. No obstante, niveles elevados pueden agudizar la corrosión de las tuberías de metal (Aveiga et al., 2019).

2.1.4. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

Son diminutos seres que pertenecen a la familia de los coliformes totales, capaces de resistir temperaturas de hasta 45 °C y, además, son guardianes de la pureza del agua. Aunque la mayoría de estos diminutos seres son *Escherichia coli*, también se pueden hallar otros como *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae* (Estupiñán et al., 2020).

Los coliformes fecales, pertenecientes al grupo de los coliformes totales, se distinguen de los demás microorganismos de este grupo por su carácter favorable, su temperatura de crecimiento es extensa (hasta 45°C) y son excelentes guardianes de la salud alimentaria y acuática. Las heces, donde habitan la flora intestinal, albergan entre un 90% y un 100% de *E. coli*, mientras que en aguas residuales y muestras de aguas contaminadas, este porcentaje se reduce hasta un 59% (Cervantes et al., 2020).

Los coliformes termotolerantes se definen como el conjunto de organismos coliformes capaces de fermentar la lactosa a una temperatura de 44° a 45°C. Este conjunto comprende un pequeño conjunto de microorganismos que son considerados indicadores de calidad del agua, dado que su origen es fecal y su mayoría están representadas por el microorganismo del género *Escherichia coli* (Benítez et al., 2019).

2.1.5. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación se define como la acción y consecuencia de introducir sustancias o formas de energía en el agua que, de manera directa o indirecta, resultan en una

degradación perjudicial de su calidad en relación con sus aplicaciones subsiguientes o su función ecológica. En vista de que el agua raramente se halla en su estado puro, el concepto de contaminante del agua engloba cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración obstaculiza los usos beneficiosos del agua (Bollaín et al., 2019).

2.1.6. TIPOS DE CONTAMINANTES DEL AGUA

Las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales. Éstas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos, ocasionalmente por actividades naturales, pero en su mayoría el mayor de los impactos es de carácter antropogénico. Dependiendo de su origen existen dos tipos de contaminación de las aguas (Pabón et al., 2020).

- a. **Contaminación puntual:** Es aquella que descarga sus aguas en un cauce natural, proviene de una fuente específica, como suele ser un tubo o dique. En este punto el agua puede ser medida, tratada o controlada. Este tipo de contaminación está generalmente asociada a las industrias y las aguas negras municipales (Velázquez et al., 2022).
- b. **Contaminación difusa:** Es el tipo de contaminación producida en un área abierta, sin ninguna fuente específica; este tipo de contaminación está generalmente asociada con actividades de uso de tierra tales como, la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales. La contaminación puntual es fácil de eliminar, si se cuenta con los medios para almacenar el agua vertida, contaminada y tratarla. Generalmente se utilizan tanques de sedimentación, donde se depositan los sedimentos en el fondo y luego se trata con químicos el agua para ser vertida a las aguas naturales. El sedimento luego se utiliza como abono orgánico y se estabiliza en un lugar seguro. En el caso de la contaminación difusa, su control es más difícil debido a su naturaleza intermitente y su mayor cobertura (Velázquez et al., 2022).

Este tipo de contaminación es causado por escorrentías de tierras agropecuarias, silvicultura, y ocupación urbana. No se produce de un lugar específico y único, sino que resulta de la escorrentía, precipitación y percolación, se presenta cuando la tasa a la cuál los materiales contaminantes que entran en el cuerpo de agua, exceden los niveles naturales (Salazar, 2020).

Las fuentes puntuales de contaminación se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo arrastrado por el agua de lluvia. Estos contaminantes consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos, lagos, y finalmente hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas. La repercusión de estos contaminantes puede ir desde pequeños trastornos hasta graves catástrofes ecológicas sobre peces, aves, mamíferos y salud humana. La característica principal de estas fuentes es que responden a las condiciones hidrológicas (Oré, 2019).

2.1.6.1. Contaminación doméstica: La contaminación doméstica es la producida por las residencias, instalaciones comerciales, públicas y similares. Las aguas contaminadas domésticas poseen características particulares como: tiene un olor característico que es causado por el sulfuro de hidrógeno producido por los organismos anaeróbicos que reducen los sulfatos a sulfitos, el color de esta agua suele cambiar de gris a negra, etc (Reyes et al., 2020).

2.1.6.2. Compuestos tóxicos que causan la inhibición y destrucción de la actividad biológica del agua: La mayoría de estos materiales provienen de las descargas industriales e incluyen: Metales pesados como residuo de las operaciones de acabado y cromado de metales, repelentes de polilla utilizados en la manufactura de textiles, herbicidas y plaguicidas, etc. Algunas especies de algas pueden liberar toxinas y se han dado casos en los que el ganado muere después de beber agua con ese tipo de toxinas (Bofill et al., 2021).

2.1.6.3. Materiales que afectan el balance de oxígeno en el agua:

- a. Sustancias que consumen oxígeno; estas pueden ser materiales orgánicos que se oxidan bioquímicamente o agentes reductores inorgánicos.
- b. Sustancias que entorpecen la transferencia de oxígeno a través de la interfase aire-agua. Los aceites y detergentes pueden formar películas protectoras en la interfaz, las que reducen la cantidad de transferencia de oxígeno y amplifican los efectos de sustancias que consumen oxígeno.
- c. La contaminación térmica puede alterar el balance de oxígeno debido a que la concentración de saturación de OD se reduce con el aumento de la temperatura (Zambrano et al., 2022).

2.1.6.4. Los sólidos inertes en suspensión o disueltos: Estos sólidos causan problemas a altas concentraciones, por ejemplo: los lavados de caolín pueden cubrir el lecho de una corriente lo que impide el crecimiento del alimento para los peces y los aleja de las inmediaciones en forma tan efectiva como lo haría un veneno. La descarga de agua salobre por el drenaje de las minas puede hacer que un río sea inadecuado para propósitos de abastecimiento de agua (Carrasco et al., 2023).

2.1.7. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA

Se define que cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incremento en el consumo per cápita, contaminación de las fuentes de agua en general y al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas. Tomando como ejemplo los países del Continente Africano, si en Honduras no se define una estrategia de preservación del agua, en los próximos 50 años se quedará sin agua, aunque tenga el suficiente recurso hídrico”, advirtió el coordinador de la Plataforma del Agua del PNUD, Julio Cárcamo, quien sugirió que los distintos sectores del país, involucrados en el tema, tomen acciones inmediatas (Organización de las Naciones Unidas, 2020).

Aunque el recurso hídrico sea constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente, como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual genera estrés hídrico. En la región Centroamericana, la magnitud del problema de la contaminación es alarmante ya que a estas alturas es imposible solucionar el problema mediante la dilución por efecto del aumento del caudal. Según OMS nos dice que el peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocarán enfermedades en la salud pública (Organización de las Naciones Unidas, 2020).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- a. **Aguas superficiales:** Las aguas superficiales se refieren a aquellas presentes en la superficie terrestre. Esta se origina a través de la escorrentía producida por las precipitaciones o por la emergencia de aguas subterráneas (Peña, 2018).
- b. **Calidad de agua:** Son las circunstancias en las que el agua se encuentra, ya sea en su estado inalterado o tras ser modificada por el influjo humano (Cerna et al., 2022).
- c. **Calidad de aguas superficiales:** La pureza del líquido vital depende de las peculiaridades intrínsecas de los recursos hídricos y su entorno, además de las actividades u ocupaciones eficientes que se realizan en las cuencas (Barriga et al., 2022).
- d. **Coliformes termotolerantes o fecales:** Clasificados como una fracción de los coliformes totales que florecen y fermentan la lactosa a temperaturas extremas de incubación, también son conocidos como coliformes termotolerantes (Ibana et al., 2021).
- e. **Conductividad eléctrica:** Se define como la habilidad de un material o sustancia para permitir el paso de corriente eléctrica a través de su estructura atómica y molecular (M. I. Garcia et al., 2022).

- f. **Demanda bioquímica de oxígeno:** Constituye un parámetro que cuantifica la cantidad de dióxigeno consumido durante la degradación de la materia orgánica presente en una muestra en estado líquido. Se refiere a la susceptibilidad de la materia a ser consumida u oxidada por agentes biológicos, que alberga una muestra en estado líquido, disuelta o suspendida (Moretti & Valiente, 2023).
- g. **Demanda química de oxígeno:** Constituye un indicador de calidad del agua, empleado para determinar el contenido de materia susceptible de oxidación por un oxidante químico, usualmente el dicromato potásico en un entorno ácido (Chavarría et al., 2023).
- h. **Fósforo total:** Abarca todas las variedades de fósforo: ortofosfatos, fosfatos condensados y fósforo orgánico. El fósforo natural suele manifestarse como fosfatos en su interior o enlazados a un compuesto orgánico (Chavarría et al., 2024).
- i. **Nitratos:** Se definen como sales o ésteres presentes en el ácido nítrico HNO_3 . Los nitratos son sales que contienen este ion. Los nitratos constituyen elementos frecuentemente presentes en fertilizantes y explosivos, siendo prácticamente todos los nitratos inorgánicos solubles en agua (Mora et al., 2011).
- j. **Oxígeno disuelto:** Es fundamental para la vida acuática, ya que es la cantidad efectiva de oxígeno gaseoso (O_2) presente en el agua, expresada en términos de su concentración en el volumen de agua (en miligramos de O_2 por litro) o de su proporción en el agua saturada (en porcentaje). Es crucial monitorear y mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto para garantizar la salud de los ecosistemas acuáticos (Ruiz, 2022).
- k. **Parámetros físico químicos:** Se incluyen parámetros físicos tales como el color, el olor, el sabor, la turbidez, entre otros, junto con parámetros químicos tales como el pH y el amonio. No obstante, dejamos parámetros tales como el cobre, el cromo o el níquel, así como el cloro libre o en su forma residual.

- l. **Parámetros microbiológicos:** Los parámetros microbiológicos convencionales, tales como la cantidad de células, la fisiología y la morfología de los microorganismos, se establecen a través de la microscopía y otros métodos de análisis, tales como la microscopía y otros análisis (Estupiñán et al., 2020).
- m. **Potencial de hidrógeno:** Es un índice ampliamente empleado en el campo químico, que cuantifica el nivel de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa. El pH se vincula con la concentración de iones de hidrógeno presentes en ciertos compuestos acuosos (Benítez et al., 2019).
- n. **Sólidos totales disueltos:** Representa la cuantificación combinada del contenido de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas presentes en un líquido en estado molecular, ionizado o en suspensión microgranular (González et al., 2023).
- o. **Temperatura:** La temperatura revela el ritmo constante de las moléculas de agua. Se cuantifica a través de una escala recta de grados Centígrados o Fahrenheit (Ruiz, 2022).

2.3. MARCO NORMATIVO

- a. **Constitución política del Perú de 1993:** La constitución establece lo siguiente, en el artículo 2, inciso 22, indica que: “Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida”, así mismo, en el artículo 67 indica que el estado es responsable de promover el uso sostenible de sus recursos naturales y es quien determina la Política Nacional del Ambiente del país.
- b. **Ley general del ambiente (2005) – ley N°28611:** De acuerdo a la ley general del ambiente en el artículo 66 menciona: La prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsable del estado, a través de la autoridad de salud y de las personas naturales y jurídicas dentro del territorio nacional.

También en el artículo 90 hace mención que el estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales a través de la gestión integrada del recurso hídrico. Provee la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, regula su asignación en función de objetivos sociales, ambientales y económicos, promueve la inversión y participación del sector privado en el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

- c. Ley de recursos hídricos - ley N°29338:** El reglamento de la ley de recursos hídricos fue aprobado mediante el D.S. N° 001-2010-AG, con el objetivo principal de regular el uso, la gestión integrada del agua continental, superficial y subterránea, la actuación del estado y los particulares en dicha gestión. En el artículo 76 hace mención que la autoridad nacional, con opinión del consejo de cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, es responsable de controlar, supervisar y fiscalizar el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental del agua y establecer medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes que estén asociados a esta, además, se debe vigilar y fiscalizar las disposiciones y programas a implementarse establecidos por autoridades del ambiente.
- d. Decreto Supremo N°004-2017-MINAM:** El presente decreto supremo establece los niveles de concentración de los elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no presente riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Asimismo, la norma compila las disposiciones aprobadas mediante el decreto supremo N 002-2008-MINAM, el decreto supremo N° 023-2009-MINAM y el decreto supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente decreto supremo y el anexo que forma parte

integrantes del mismo, esta compilación normativa modifica y 87 elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremo.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao - 2024 no cumplen los estándares de calidad ambiental DS N°004-2017 MINAM.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración fisicoquímica de las aguas del río llave, provincia de El Collao - no cumplen los estándares de calidad ambiental DS N°004-2017 MINAM
- La concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao supera los ECA - DS N°004-2017 MINAM.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se llevó a cabo en el distrito de llave, perteneciente a la provincia de El Collao, Puno, a una altitud de 3850 metros sobre el nivel del mar. En la meseta del Collao, con el objetivo de realizar una evaluación de las aguas del río llave.

Ubicación Geográfica: La cuenca del río llave se sitúa geográficamente en las coordenadas UTM (WGS84):

- Este : 352,353.0 – 452,052.0
- Norte : 8°104,770.0 – 8°248,751.0

Altitudinalmente se encuentra entre las altitudes: 3,805.00 – 5,400.00 m.s.n.m.

Ubicación Hidrográfica: La cuenca hidrográfica del río llave está situada en la vertiente de Titicaca, dentro del sistema hidrográfico. "TDPS"

Límites Hidrográficos: La cuenca del río llave, limita con las siguientes cuencas hidrográficas: Este : Lago Titicaca, Cuencas río Zapatilla, Pusuma y Mauri Chico, Oeste : Cuencas río Tambo y laguna Loriscota, Norte : Cuenca río Illpa, zona Circunlacustre del lago Titicaca, Sur . Cuenca río Maure.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población del estudio estuvo conformada por el cuerpo de agua del río llave, ubicado en la provincia de El Collao, Puno. Este río constituye una fuente de recurso hídrico

importante para la región, ya que es utilizado para actividades domésticas, agrícolas y ganaderas. Debido a su relevancia ecológica y socioeconómica, fue seleccionado para el presente análisis de calidad del agua. Los puntos de monitoreo considerados presentan una distancia aproximada de 1.3 km entre M1, M2, y M3, y un tramo total de 3 kilómetros del río llave.

3.2.2. MUESTRA

El tipo de muestreo empleado en la investigación fue simple o puntual, permitiendo la recolección de datos en puntos estratégicos del río. La muestra analizada estuvo conformada por un tramo de 3 kilómetros del río llave, el cual fue dividido en tres secciones representativas: aguas arriba, zona intermedia y aguas abajo (MINAM, 2016).

A lo largo de este tramo delimitado, se tomaron tres muestras de agua en puntos estratégicos, con el objetivo de evaluar la variabilidad en la calidad del agua a lo largo del cauce del río (MINAM, 2016). Las estaciones de monitoreo fueron seleccionadas considerando su representatividad en relación con posibles fuentes de contaminación, su accesibilidad y su importancia dentro de la cuenca hidrográfica.

A continuación, se presenta la descripción de las estaciones de monitoreo establecidas:

Tabla 01: Descripción de estaciones de monitoreo del río llave

N°	Puntos de Monitoreo	Descripción	Coordenadas		Referencia Geográfica
			Latitud	Longitud	
1	M1-RILAV	Río llave, aguas arriba	-16.096.769,00	-69.641.967	Aproximadamente a 1 km al sureste del centro de llave
2	M2-RILAV	Río llave, zona intermedia	-16.087.993,00	-69.631.741	Cercano al Puente Internacional, en el centro de llave
3	M3-RILAV	Río llave, aguas abajo	-16.075.205,00	-69.625.803	Aproximadamente a 2 km al noreste del centro de llave, cerca de la laguna de oxidación de llave

Fuente: Elaboración propia a partir de coordenadas geográficas obtenidas en campo.



Figura 01: Ubicación de los 3 puntos de muestreo (aguas arriba, zona intermedia y aguas abajo)

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TÉCNICAS

Se empleó la técnica de muestreo establecida en la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA, que aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Las muestras de agua fueron recolectadas lo más cerca posible del cuerpo hídrico y en sentido contrario a la corriente, con el objetivo de evitar la alteración de las condiciones reales del agua.

3.3.2. INSTRUMENTOS

Los instrumentos de recolección de datos fueron los siguientes:

- Formulario para registro de datos muestras de agua (anexo 02)
- Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 004-2017 -MINAM
- Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (R. J. N° 010-2016-ANA).

Materiales:

- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| ● Guantes y bolsas descartables | ● Mascarilla quirúrgica. |
| ● Tablero | ● Vestimenta de seguridad |
| ● Plumón de tinta indeleble | ● GPS |

- Cámara fotográfica
- Frasco de plástico y vidrio
- cooler

3.3.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas del río llave. Se adoptó el procedimiento fundamentado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

Procedimiento para la toma de muestras fisicoquímicas:

- Se procedió con la preparación de los recipientes descartables, evitando el contacto con la superficie interna de cada uno. Se realizó un enjuague doble de los recipientes para eliminar posibles sustancias presentes en su interior que pudieran modificar los resultados obtenidos.
- Posteriormente, se llevó a cabo la recolección de muestras del agua superficial en los puntos de muestreo, en la que se tomó el recipiente por debajo del cuello y se situó en dirección contraria al flujo de agua. Estas muestras no necesitaron estar completamente llenas.
- En el caso de las muestras químicas, se aplicaron los mismos criterios que para las muestras físicas, y los recipientes fueron transportados en un refrigerador de plástico con un agente refrigerante, a fin de garantizar una conservación óptima de las mismas.
- El formulario destinado a la identificación de las muestras (Anexo 02), cuyos datos fueron: el punto de muestreo, la fecha y hora de recolección, el nombre y la firma del individuo que realizó el muestreo.
- En el laboratorio, las muestras fueron resguardadas a temperatura de refrigeración hasta la ejecución de los análisis correspondientes.

PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Determinar los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas del río llave provincia de El Collao

El procedimiento para la toma de muestras de microorganismos se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Se emplearon recipientes previamente esterilizados para la recolección de muestras, tomando la precaución de evitar su contaminación. Para ello, se utilizaron guantes quirúrgicos.
- El recipiente fue desvelado y sumergido de inmediato a una profundidad aproximada de 5 a 10 cm, orientando su boca en dirección contraria a la corriente natural. Una vez lleno, se retiró de inmediato y se tapó, evitando cualquier contacto que pudiera provocar contaminación.
- Posteriormente, el frasco fue sellado y etiquetado con su correspondiente código, y se procedió a llenar la ficha de muestreo (Anexo 02).
- Las muestras fueron depositadas en un contenedor de refrigeración (cooler), el cual contenía cuatro bolsas de gel refrigerante, con el propósito de mantenerlas en un rango de temperatura de 4 °C a 10 °C. Esto permitió evitar alteraciones cualitativas y cuantitativas de la flora bacteriana hasta su traslado al laboratorio para el análisis correspondiente.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Operacionalización de variables

Variab	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
		Temperatura	(°C)
		Sólidos totales disueltos	(mg/L)
		Conductividad eléctrica	(µS/cm)
		Potencial de hidrógeno	(Unidad de pH)
Variab	Parámetros	Demanda bioquímica de	
Independientes:	Físicoquímicos	oxígeno	(mg/L)
Parámetros			
físicoquímicos y		Demanda química de oxígeno	(mg/L)
microbiológicos		Oxígeno disuelto	(mg/L)
		Fósforo total	(mg/L)
		Nitratos	(mg/L)
	Parámetros	Coliformes termotolerantes o	
	Microbiológicos	fecales	(NMP/100ml)
Variab		Buena	
Dependiente:	Aptitud	Regular	ECA
Aguas del río llave		Mala	

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

- **Enfoque de la investigación:** La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se basó en la recopilación, medición y análisis de datos numéricos obtenidos de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua del río llave.

- **Tipo de investigación:** El estudio fue de tipo observacional, descriptivo, analítico, transversal y retrospectivo. Se analizaron los valores de los parámetros de calidad del agua sin intervención en las condiciones naturales del ecosistema acuático.
- **Diseño de la investigación:** La investigación tuvo un diseño no experimental, dado que no se manipularon las variables del estudio. Se realizó la observación y medición de los parámetros en su estado natural, con el fin de analizar su relación con los estándares de calidad ambiental establecidos en el DS N° 004-2017-MINAM.
- **Nivel de investigación:** El nivel de investigación fue descriptivo y correlacional. Se describieron los valores obtenidos en cada uno de los parámetros analizados y se estableció su relación con los estándares normativos para determinar el grado de contaminación del agua del río llave.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. RESULTADOS LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Tabla 03: Temperatura de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV	Límite ECA (DS 004-2017-MINAM)
Temperatura	°C	18,4	18,4	18,4	±3°C

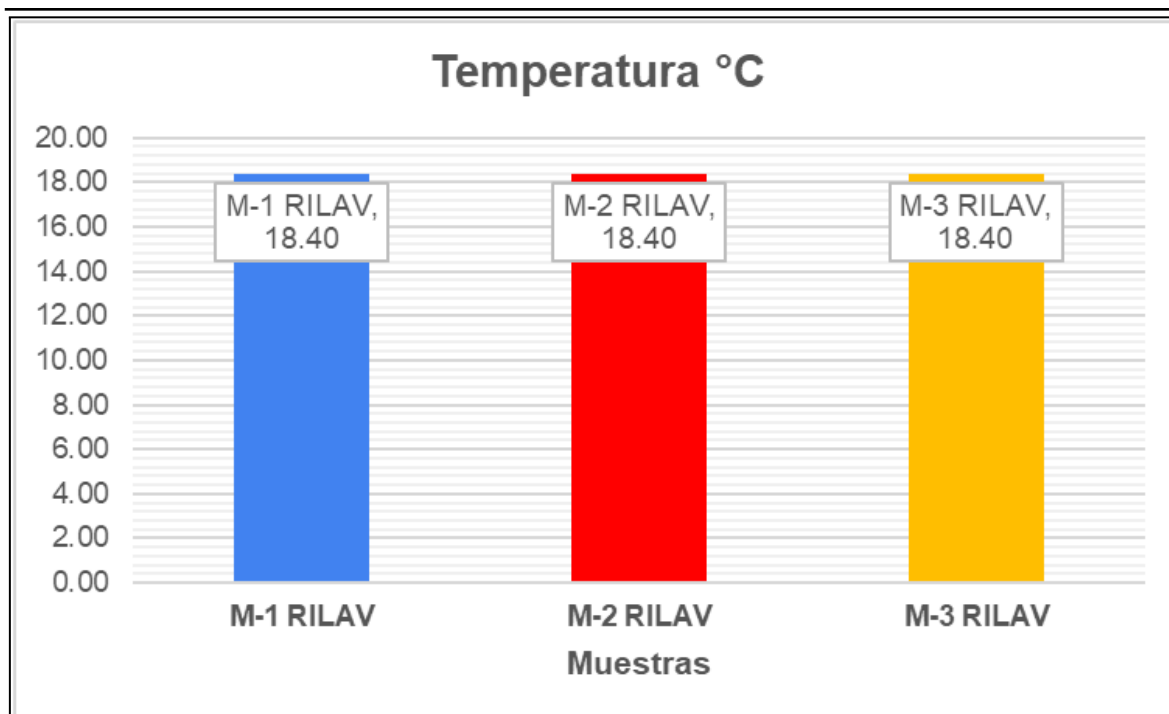


Figura 02: Temperatura de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.

La tabla 03 presenta la temperatura del agua en los tres puntos de muestreo del río llave presentó valores de 18.4°C en M-1 RILAV, M-2 RILAV y M-3 RILAV. Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el límite establecido para la temperatura del agua es una variación máxima de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ respecto a la temperatura natural del cuerpo de agua. Dado que los valores registrados en las tres muestras son idénticos y no superan la variabilidad permitida, se concluye que la temperatura del agua en el río llave se encuentra dentro del rango normativo.

En términos ambientales, una temperatura estable es fundamental para mantener el equilibrio del ecosistema acuático, ya que influye directamente en la solubilidad del oxígeno y en la biodiversidad del río. Valores anormales podrían generar estrés térmico en los organismos acuáticos y afectar la calidad del agua. En este caso, los resultados indican que no hay alteraciones térmicas significativas en el río llave, lo que sugiere que no existen fuentes externas de calor que afectan su equilibrio natural.

Estos resultados son similares a los reportados por García (2022), quien halló temperaturas promedio estables entre 18 °C y 19 °C, sin significación estadística en los diferentes puntos de muestreo. Este comportamiento refleja una condición térmica relativamente constante, posiblemente influenciada por factores climáticos homogéneos o la ubicación del cuerpo de agua en una zona de altitud intermedia.

En contraste, difieren de lo observado por Muñoz & Ruiz (2020), quienes reportaron temperaturas ligeramente más elevadas, con promedios entre 21 °C y 21.4 °C. Según estos autores, aunque las variaciones fueron mínimas, la temperatura influye directamente en la solubilidad del oxígeno y en las reacciones biológicas y químicas del agua, por lo que incluso pequeñas diferencias podrían modificar las condiciones del ecosistema acuático.

Asimismo, los resultados obtenidos difieren de lo descrito por Sias (2022), quien identificó un marcado aumento térmico durante la época de estiaje, con temperaturas de hasta 28.3

°C en el río Tulumayo. Esta variación estacional, atribuida a la reducción del caudal y el aumento de la radiación solar, sugiere que en cuerpos de agua más expuestos o menos regulados térmicamente, las fluctuaciones pueden ser más intensas, a diferencia de lo observado en el río llave.

Del mismo modo, Alberca (2020) evidenció una tendencia descendente de la temperatura entre los puntos de monitoreo de un río costero, con valores promedio entre 20.05 °C y 17.5 °C. Esta variabilidad, aunque dentro de un rango moderado, muestra cómo la temperatura puede disminuir progresivamente dependiendo de la ubicación del punto de muestreo y el entorno geográfico.

Finalmente, los resultados también discrepan con los de Espinoza (2022), quien documentó temperaturas significativamente más bajas (9.8 °C y 9.5 °C), en cuerpos de agua altoandinos. Estas condiciones frías son características de zonas de mayor altitud y permiten una mayor solubilidad de oxígeno, lo cual influye directamente en la vida acuática adaptada a este tipo de ambientes.

Tabla 04: Sólidos totales disueltos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV	Límite ECA (DS 004-2017-MINAM)
Sólidos totales disueltos	mg/L	33.20	32.90	33.40	≤ 100

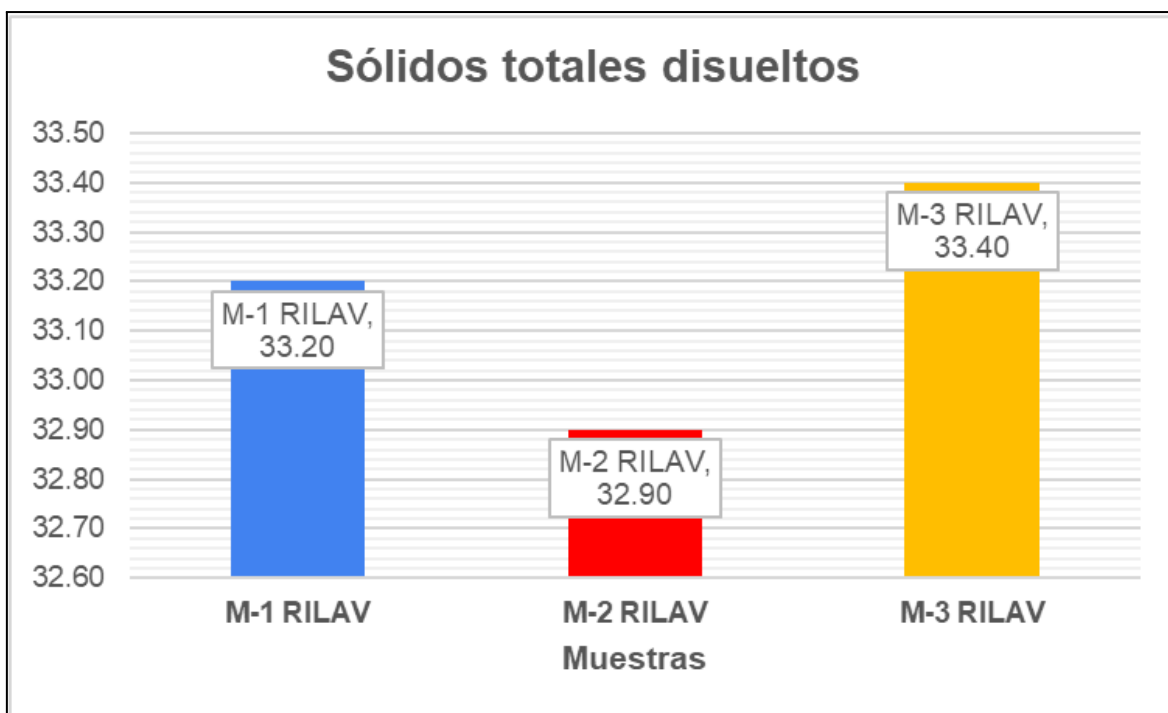


Figura 03: Sólidos totales disueltos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.

En la tabla 04 se observan los valores de los sólidos totales disueltos (STD) en las aguas superficiales del río llave fueron de 33.20 mg/L en M-1 RILAV, 32.90 mg/L en M-2 RILAV y 33.40 mg/L en M-3 RILAV. Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el límite máximo permitido para este parámetro es ≤ 100 mg/L, lo que indica que los valores obtenidos están muy por debajo del umbral normativo.

Los sólidos disueltos están compuestos por minerales, sales y materia orgánica que pueden influir en la calidad del agua y en la salud del ecosistema acuático. Valores elevados pueden afectar la potabilidad del agua, alterar el equilibrio de los organismos acuáticos y favorecer la proliferación de microorganismos no deseados. En este caso, los resultados sugieren que el agua del río llave no presenta una carga significativa de contaminantes disueltos, lo que es favorable para su calidad ambiental y su uso potencial en actividades humanas y ecológicas.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Ccoya (2024), quien reportó concentraciones relativamente uniformes de sólidos totales disueltos en sus puntos de muestreo, con valores entre 560 mg/L y 565 mg/L. Si bien los niveles registrados por dicho autor son considerablemente más altos, ambos estudios coinciden en la estabilidad de los valores entre puntos, lo cual refleja una condición constante del sistema acuático respecto a la presencia de sales, minerales y materia orgánica disuelta, aunque con distinta magnitud.

Por otro lado, los resultados difieren notablemente de lo reportado por Sias (2022), quien observó un incremento significativo de sólidos totales en los ríos Tulumayo y Monzón durante la época de estiaje. En dicho estudio, se alcanzaron valores máximos de hasta 230.0 mg/L, lo cual evidenció una fuerte influencia del caudal estacional en la concentración de partículas disueltas. A diferencia de dicho patrón, los valores del presente estudio permanecen bajos y estables, lo cual sugiere un entorno menos afectado por variaciones hidrológicas marcadas o por ingresos intensos de carga contaminante.

En cuanto a los hallazgos de Coila (2022), se reportaron valores bajos de sólidos suspendidos totales (SST), por debajo de 30 mg/L, lo que sugiere buena transparencia del agua, especialmente en M-1 y M-3. Aunque el estudio de Coila se enfocó en SST y no en sólidos disueltos, la tendencia a registrar bajas concentraciones de material particulado coincide con lo observado en el presente análisis, donde los sólidos disueltos no superan los 33.40 mg/L.

Tabla 05: Conductividad eléctrica de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV	Límite ECA (DS 004-2017-MINAM)
Conductividad eléctrica	($\mu\text{S/cm}$)	265.80	266.00	267.70	1000

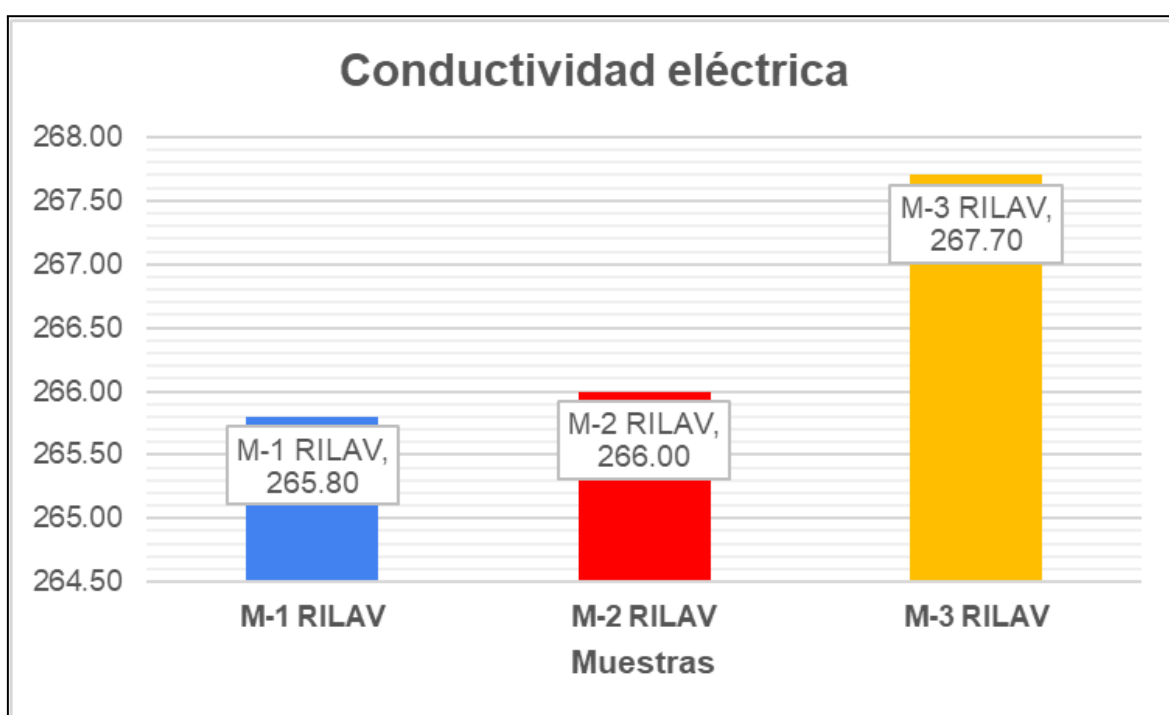


Figura 04: Conductividad eléctrica de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.

Los valores de conductividad eléctrica en las aguas superficiales del río llave fueron de 265.80 $\mu\text{S/cm}$ en M-1 RILAV, 266.00 $\mu\text{S/cm}$ en M-2 RILAV y 267.70 $\mu\text{S/cm}$ en M-3 RILAV. Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el límite máximo permitido para este parámetro es 1000 $\mu\text{S/cm}$, lo que indica que los valores registrados están significativamente por debajo del umbral normativo.

La conductividad eléctrica mide la capacidad del agua para conducir electricidad, lo que está directamente relacionado con la concentración de sales disueltas, como cloruros, sulfatos y carbonatos. Valores elevados pueden indicar contaminación por vertimientos industriales, agrícolas o domésticos, afectando la calidad del agua y la vida acuática. En este caso, los resultados sugieren que el agua del río llave presenta una baja concentración de sales disueltas, lo que indica condiciones favorables para su ecosistema y su potencial uso en actividades humanas sin riesgos asociados a alta salinidad o contaminación química.

Estos resultados son similares a los reportados por Cabanillas (2022), quien observó niveles de conductividad eléctrica muy bajos, con valores que oscilaron entre 7.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 77.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el agua superficial monitoreada, mostrando una marcada estabilidad durante la mayor parte del periodo de estudio. La autora indica que las variaciones más significativas se produjeron por intervención antrópica puntual (construcción del puente Nanay).

En contraste, los valores analizados discrepan ampliamente de lo expuesto por Ccoya (2024), quien reportó una conductividad eléctrica elevada, con un rango entre 1080 y 1086 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Según este autor, tales niveles indican una alta presencia de sales disueltas, asociada a procesos de lixiviación mineral o descargas de origen antrópico. La conductividad en ese rango podría limitar el uso del agua, especialmente para consumo humano o riego, si no se lleva un control adecuado de las fuentes de ingreso de sales.

Asimismo, los resultados difieren de lo documentado por Coila (2022), donde se registraron valores aún más elevados: 1317 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en M-1, 2140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en M-2 y 1425 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en M-3. Estos niveles, todos por encima del umbral considerado saludable para aguas naturales (<1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), reflejan una fuerte carga de solutos, probablemente causada por vertimientos agrícolas, urbanos o mineros, lo cual representa un riesgo para la calidad ambiental y los usos del recurso hídrico. De manera similar, Espinoza (2022)

identificó una conductividad de 1582 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en P1 y de 2674 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en P2, señalando una diferencia significativa entre puntos que podría estar relacionada con el ingreso de aguas residuales o la variabilidad geológica del entorno.

Tabla 06: Potencial de hidrógeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los E CA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV	Límite ECA (DS 004-2017-MINAM)
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	6.89	7.12	6.90	6,5 a 9,0

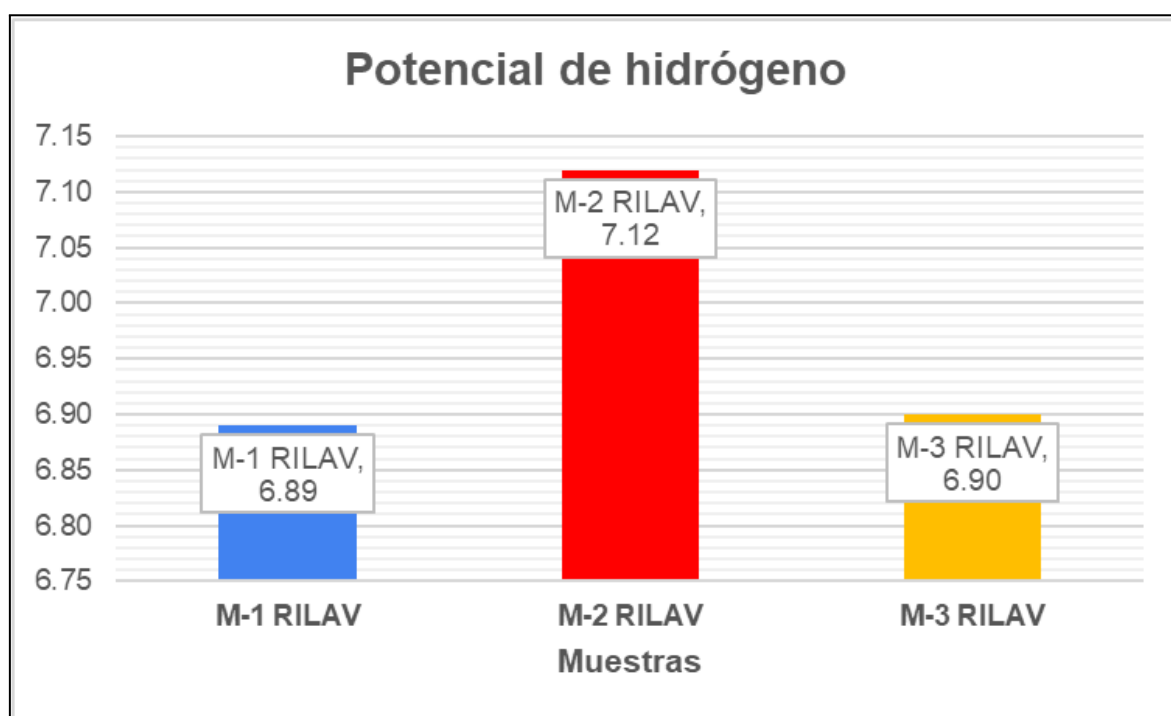


Figura 05: Potencial de hidrógeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.

Los valores del potencial de hidrógeno (pH) en las aguas superficiales del río llave fueron de 6.89 en M-1 RILAV, un valor de 7.12 en M-2 RILAV , y 6.90 en M-3 RILAV. Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el pH del agua debe encontrarse en el rango de

6.5 a 9.0, por lo que los valores reales registrados (6.89 y 6.90) están dentro del rango permitido, indicando que el agua del río llave mantiene condiciones adecuadas en términos de acidez y alcalinidad.

El pH es un parámetro fundamental para la calidad del agua, ya que influye en la disponibilidad de nutrientes y metales pesados, así como en la supervivencia de los organismos acuáticos. Un pH demasiado ácido o alcalino puede generar estrés en la fauna acuática y afectar procesos bioquímicos en el ecosistema. En este caso, los valores obtenidos indican que el agua del río llave tiene una ligera tendencia neutra, lo cual es favorable para la estabilidad del ecosistema acuático y su aptitud para diversas actividades humanas y ecológicas.

Estos resultados son similares a los reportados por Coila (2022), quien encontró que el pH del agua se mantuvo dentro del rango normativo establecido por el ECA (6.5 a 9.0), con valores de 8.0, 7.8 y 7.9 en tres puntos de muestreo. Estos niveles reflejan una ligera alcalinidad, favorable para el mantenimiento de la vida acuática y para usos como el consumo humano o agrícola, siempre que se mantenga bajo control.

Por otro lado, discrepan con lo registrado por García (2022), quien reportó valores promedio de pH de 6.0 en todas sus muestras, lo cual indica un ambiente más cercano a la acidez, aunque todavía dentro de ciertos márgenes aceptables para aguas superficiales. La baja variación entre muestras en su estudio sugiere un sistema influenciado por condiciones naturales más estables o por una menor carga de compuestos alcalinos.

Asimismo, Muñoz & Ruiz (2020) señalaron que los valores de pH oscilaron entre 7.79 y 7.81, mostrando una condición ligeramente alcalina y constante en los tres puntos evaluados. Los autores destacan que este parámetro es clave para mantener la estabilidad química del agua, ya que influye directamente en la solubilidad de los

nutrientes y en la disponibilidad de ciertos compuestos tóxicos para los organismos acuáticos.

Cabanillas (2022), en cambio, registró valores más fluctuantes que tienden hacia la acidez. En su estudio, los niveles de pH variaron desde un mínimo de 5.05 hasta un máximo de 6.87, indicando la presencia de procesos que acidifican el agua, como la descomposición de materia orgánica o posibles influencias antrópicas. Este comportamiento irregular puede comprometer la estabilidad del ecosistema si no se gestiona adecuadamente.

Por su parte, Sias (2022) observó diferencias estacionales importantes en el pH de los ríos Tulumayo y Monzón. En época de avenida, los valores fueron más alcalinos (8.54 a 8.76), mientras que en estiaje disminuyeron hacia la neutralidad e incluso hacia la acidez (6.85 a 7.36), evidenciando cómo los factores climáticos e hidrológicos influyen en la composición química del agua. Esto refuerza la importancia de considerar las variaciones temporales al interpretar la calidad del agua superficial.

Finalmente, Alberca (2020) registró valores de pH entre 7.71 y 8.18 durante los meses de septiembre a noviembre, lo que también refleja condiciones alcalinas estables, compatibles con ecosistemas acuáticos saludables. Esta estabilidad en el pH sugiere una baja influencia de contaminantes ácidos y una buena capacidad de amortiguamiento del sistema hídrico evaluado.

Tabla 07: Demanda bioquímica de oxígeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	Límite ECA (DS 004-2017-MINAM)		
		M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	27.60	11.04	14.00
				10

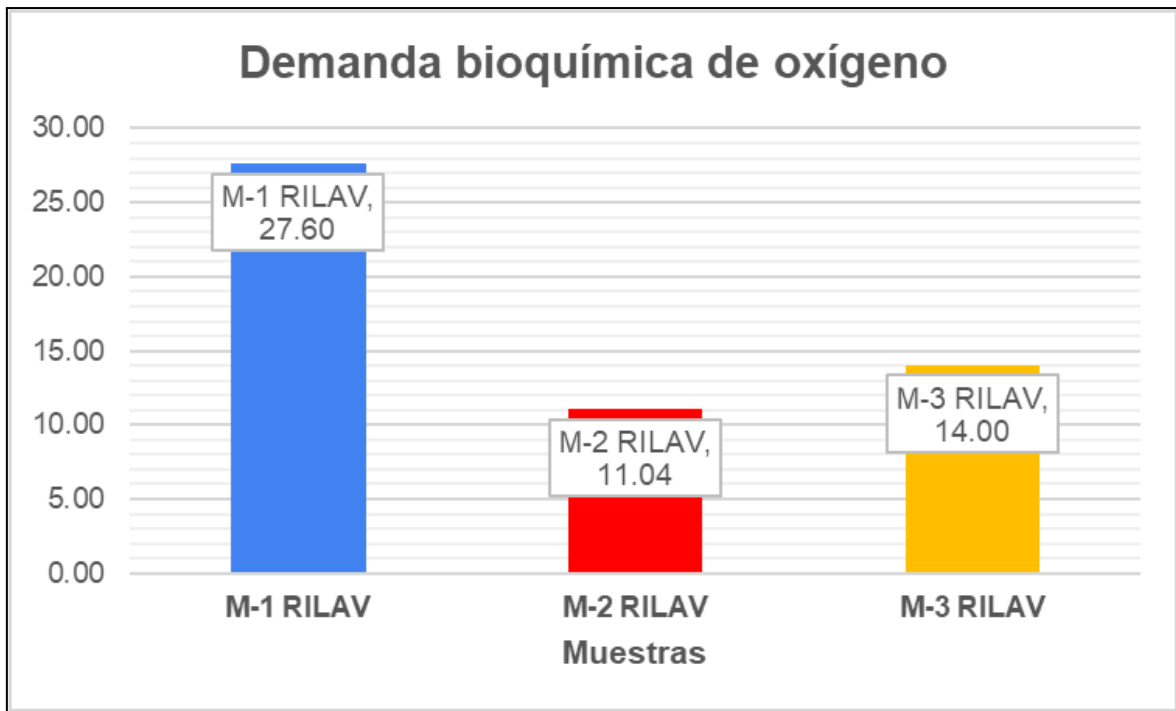


Figura 06: Demanda bioquímica de oxígeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.

Los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en las aguas superficiales del río llave fueron de 27.60 mg/L en M-1 RILAV, 11.04 mg/L en M-2 RILAV, y 14.00 mg/L en M-3 RILAV. Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el límite máximo permitido para este parámetro es 10 mg/L, lo que indica que en dos de los tres puntos de muestreo los valores superan el estándar ambiental, reflejando una alta carga de materia orgánica biodegradable en el agua.

La DBO₅ mide la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos para descomponer la materia orgánica en un período de 5 días. Valores elevados sugieren contaminación por descargas de aguas residuales, actividad industrial o agrícola, lo que puede provocar una reducción del oxígeno disuelto en el agua y afectar la biodiversidad acuática. En este caso, los resultados indican que el río llave presenta una contaminación orgánica significativa en algunos puntos, lo que podría comprometer la calidad del agua y la vida de los organismos aeróbicos en el ecosistema. Se recomienda investigar las

fuentes de contaminación y tomar medidas de mitigación para reducir la carga orgánica en el agua.

Estos resultados son similares en tendencia a los descritos por Muñoz y Ruiz (2020), quienes reportaron una disminución progresiva de la DBO₅ desde el punto P1 (14.46 mg/L) hasta P3 (6.69 mg/L), lo que sugiere una reducción de materia orgánica biodegradable en el trayecto del cuerpo de agua. Sin embargo, los valores registrados por dichos autores se mantienen por debajo del límite establecido por la normativa, a diferencia de contextos donde la contaminación es más evidente.

En contraste, los resultados discrepan con lo informado por Coila (2022), quien evidenció valores más extremos y heterogéneos. Su estudio reportó una DBO₅ de 3.7 mg/L en M-1, 98 mg/L en M-2 y 7.5 mg/L en M-3, mostrando tanto niveles aceptables como otros claramente críticos. En particular, el valor de 98 mg/L refleja una intensa carga orgánica, posiblemente relacionada con vertimientos sin tratamiento, mientras que los demás puntos, aunque dentro del límite normativo, reflejan la presión antrópica sobre la calidad del recurso hídrico.

Asimismo, Alberca (2020) encontró niveles moderadamente bajos de DBO₅ en el río Huancabamba, con promedios entre 2.33 mg/L y 2.67 mg/L. Estos valores indican una carga orgánica biodegradable baja, propia de cuerpos de agua con escasa influencia humana o con buenas condiciones de autodepuración.

Tabla 08: Demanda química de oxígeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV	Límite ECA (DS 004-2017-MINAM)
Demanda química de oxígeno	mg/L	69.00	27.00	35.00	30

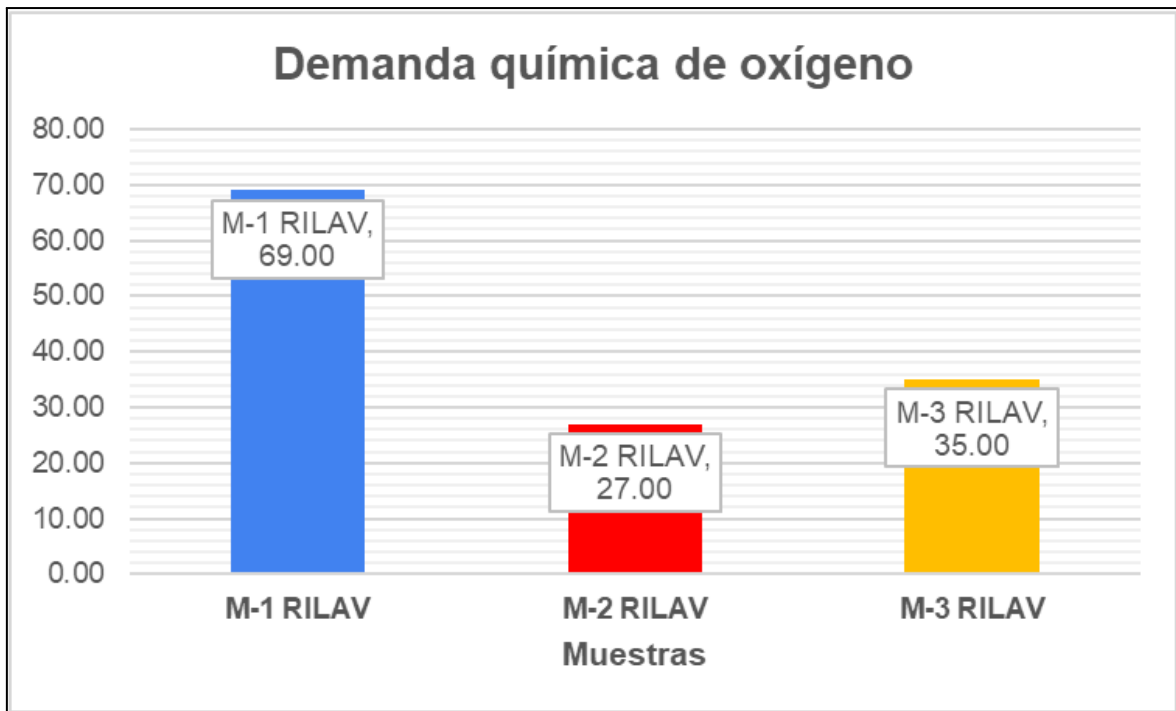


Figura 07: Demanda química de oxígeno de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.

La tabla 08 presenta los valores sobre la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas superficiales del río llave fueron de 69.00 mg/L en M-1 RILAV, 27.00 mg/L en M-2 RILAV y 35.00 mg/L en M-3 RILAV. Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el límite máximo permitido para este parámetro es 30 mg/L, por lo que los valores de M-1 RILAV y M-3 RILAV superan el estándar ambiental, mientras que M-2 RILAV se encuentra dentro del límite.

La DQO mide la cantidad total de oxígeno requerida para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica presente en el agua. Valores elevados indican la presencia de contaminantes difíciles de degradar, como productos químicos industriales, aceites, detergentes y otras sustancias tóxicas. En este caso, los valores obtenidos sugieren que el río llave podría estar recibiendo descargas de aguas residuales domésticas o industriales sin un tratamiento adecuado, lo que puede afectar la calidad del agua y reducir la disponibilidad de oxígeno para la vida acuática. Se recomienda un monitoreo

continuo y la identificación de fuentes de contaminación para implementar estrategias de mitigación.

Estos resultados son similares a los reportados por Muñoz & Ruiz (2020), quienes también evidenciaron variaciones importantes de DQO entre los puntos de monitoreo, con un valor máximo de 80.18 mg/L en P1, significativamente mayor que en P2 (16.47 mg/L) y P3 (26.39 mg/L). Esta diferencia fue atribuida a la mayor presencia de contaminantes orgánicos y sustancias químicas no biodegradables en el punto más alto, lo que sugiere condiciones localizadas de contaminación. Al igual que en el presente estudio, los valores más elevados reflejan una mayor carga de materia oxidante y demandante de oxígeno, que puede comprometer el equilibrio del ecosistema acuático.

En cambio, los resultados discrepan con lo expuesto por Coila (2022), quien encontró un valor aceptable de DQO en M-1 (19 mg/L), pero niveles significativamente superiores en M-2 (216 mg/L) y M-3 (145 mg/L), todos por encima del límite normativo. Estos valores reflejan una situación crítica de contaminación orgánica en esos puntos, posiblemente por vertimientos sin tratamiento o actividad antrópica directa. Aunque el estudio de Coila presenta niveles más extremos, ambos casos coinciden en la importancia de vigilar este parámetro como indicador de presión ambiental.

Por su parte, Sias (2022) no analizó directamente la DQO, pero sus hallazgos sobre la DBO₅ permiten establecer una relación indirecta, ya que ambos parámetros reflejan la presencia de materia orgánica. En su estudio, se identificó un incremento de la DBO₅ durante la época de estiaje en los ríos Tulumayo y Monzón, lo que evidencia un aumento de la carga contaminante por efecto de la disminución del caudal. Aunque los valores reportados por Sias fueron considerablemente más bajos (máximos de 1.95 mg/L).

Tabla 09: Fósforo total de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV	Límite ECA (DS 004-2017-MINAM)
Fósforo total	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	2,56

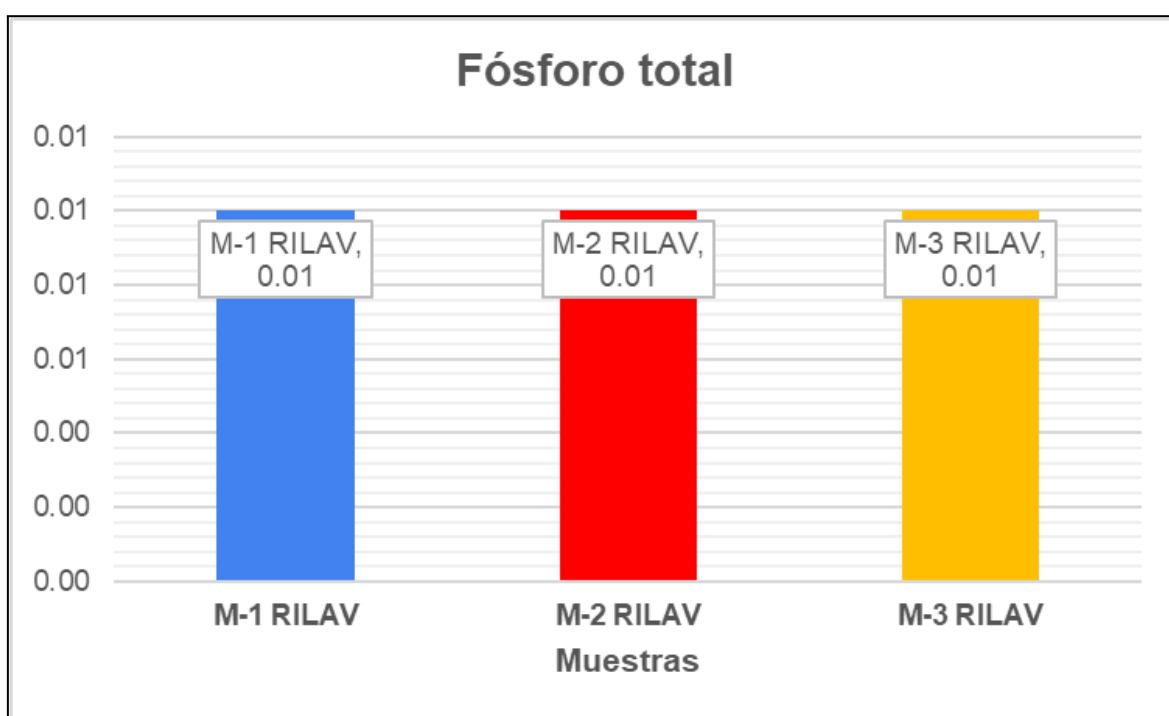


Figura 08: Fósforo total de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.

En la tabla 09 se observan los valores de fósforo total en las aguas superficiales del río llave fueron menores a 0.01 mg/L en M-1 RILAV, M-2 RILAV y M-3 RILAV. Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el límite máximo permitido para este parámetro es 2.56 mg/L, lo que indica que los valores registrados están significativamente por debajo del umbral normativo.

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de las algas y plantas acuáticas, pero en concentraciones elevadas puede generar eutrofización, lo que provoca un crecimiento excesivo de algas, reducción del oxígeno disuelto y afectación de la fauna

acuática. En este caso, los valores obtenidos sugieren que el agua del río llave no presenta contaminación por fuentes externas de fósforo, como fertilizantes agrícolas o descargas de aguas residuales, lo que es un indicador positivo para la calidad del agua y el equilibrio del ecosistema acuático.

Estos resultados son similares a lo reportado por Sias (2022) durante la época de avenida en los ríos Tulumayo y Monzón, donde se observaron concentraciones constantes de fósforo total de 0,33 mg/L, muy por debajo del límite establecido. No obstante, los valores registrados en el presente estudio (<0.01 mg/L en todos los puntos) son considerablemente más bajos, lo cual indica una condición aún más favorable en términos de carga de nutrientes. Esta baja concentración puede estar asociada a la escasa presencia de fuentes de contaminación difusa como fertilizantes, aguas residuales o materia orgánica en descomposición, y podría reflejar una buena gestión del entorno hídrico o un uso agrícola limitado en la cuenca evaluada.

En contraste con lo observado en época de estiaje por el mismo autor, donde los valores se elevaron hasta 1.63 mg/L en algunos puntos, los datos actuales no evidencian acumulación de fósforo, lo que también podría estar relacionado con un mayor caudal, mejor capacidad de dilución, o simplemente menor presión antrópica. Este tipo de resultados es relevante, ya que la acumulación de fósforo es un factor clave en la eutrofización, proceso que puede generar desequilibrios ecológicos como el crecimiento excesivo de algas y la disminución del oxígeno disuelto en cuerpos de agua. Por lo tanto, mantener estos niveles bajos representa una condición positiva para la salud del ecosistema acuático del río llave.

Tabla 10: Nitratos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV	Límite ECA (DS 004-2017-MINAM)
Nitratos	mg/L	2.40	2.70	2.90	13

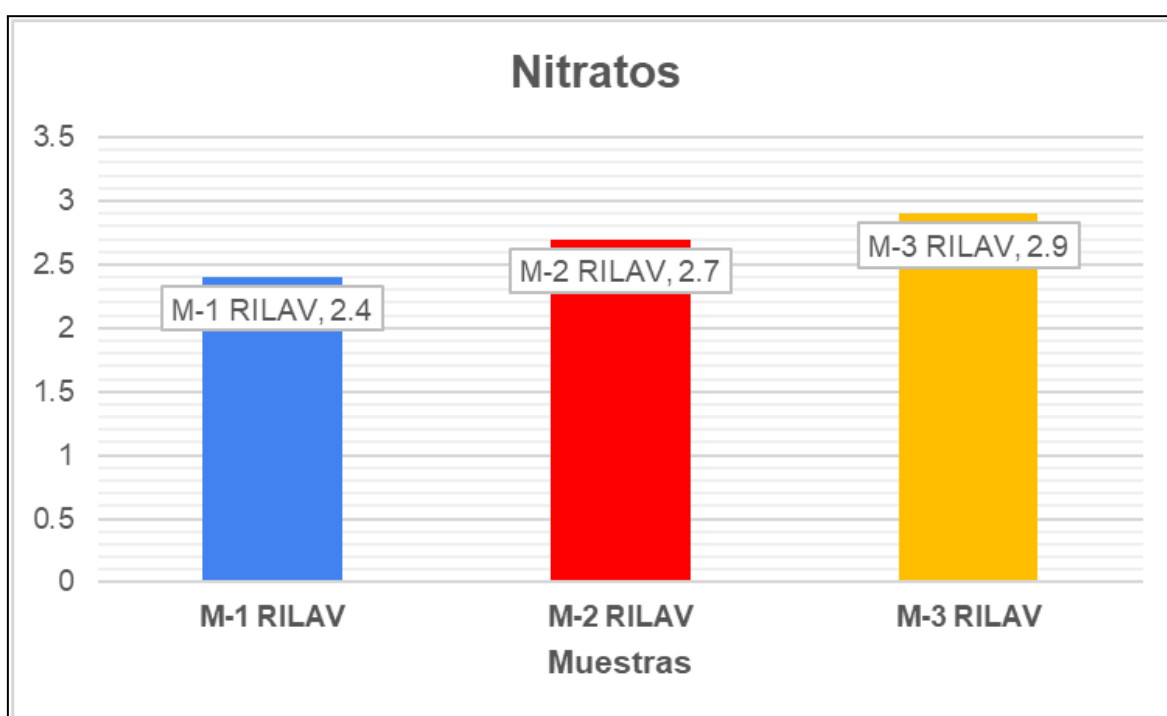


Figura 09: Nitratos de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.

Los valores de nitratos en las aguas superficiales del río llave fueron de 2.40 mg/L en M-1 RILAV, 2.70 mg/L en M-2 RILAV y 2.90 mg/L en M-3 RILAV. Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el límite máximo permitido para este parámetro es 13 mg/L, lo que indica que los valores registrados están muy por debajo del umbral normativo. Los nitratos son una forma de nitrógeno esencial para el crecimiento de las plantas y algas acuáticas, pero en concentraciones elevadas pueden provocar eutrofización, causando proliferación excesiva de algas y disminución del oxígeno disuelto, lo que afecta la fauna acuática. En este caso, los valores obtenidos sugieren que el agua del río llave no

presenta una contaminación significativa por nitratos provenientes de fertilizantes, aguas residuales o actividades agrícolas, lo que indica condiciones favorables para la estabilidad del ecosistema acuático.

Estos resultados discrepan con los hallazgos de Ccoya (2024), quien reportó niveles de nitratos muy bajos y estables, entre 0.37 mg/L y 0.39 mg/L, lo que reflejó una baja presión antrópica y escasa presencia de fuentes de contaminación orgánica o agrícola en la zona de estudio. La baja variabilidad y la lejanía del valor registrado respecto al límite normativo sugieren condiciones ambientales favorables para la calidad del agua.

De manera similar, también difieren de lo reportado por Cabanillas (2022), quien evidenció concentraciones muy reducidas en el río Nanay, manteniéndose por debajo de 0.696 mg/L incluso durante un incremento puntual relacionado con obras cercanas. A pesar del aumento temporal, los valores seguían muy por debajo de los niveles máximos permitidos, lo que indicaría un sistema con baja exposición a fuentes directas de nitratos, como fertilizantes o aguas residuales.

Por su parte, Sias (2022) registró niveles constantes de nitratos en torno a 10 mg/L en todos los puntos de muestreo y durante ambas épocas del año (avenida y estiaje), reflejando una mayor concentración de compuestos nitrogenados en comparación con otros autores. Esta situación, si bien aún dentro del límite permitido, ya muestra indicios de aporte de nutrientes que podrían tener origen en la actividad humana o en procesos naturales de descomposición orgánica.

Asimismo, los resultados discrepan de lo observado por Coila (2022) en el río Coata, donde los niveles de nitratos fueron indetectables (<0.3 mg/L), lo que refleja una excelente calidad del agua respecto a la presencia de este nutriente. La autora concluye que esta condición indica un entorno sin aportes significativos de nitrógeno, lo cual previene procesos como la eutrofización y garantiza un estado ecológico saludable.

4.2. RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Tabla 11: Coliformes Totales de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV	Límite ECA (DS 004-2017-MINAM)
Coliformes Totales	NMP/100ml	400	1400	6400	50

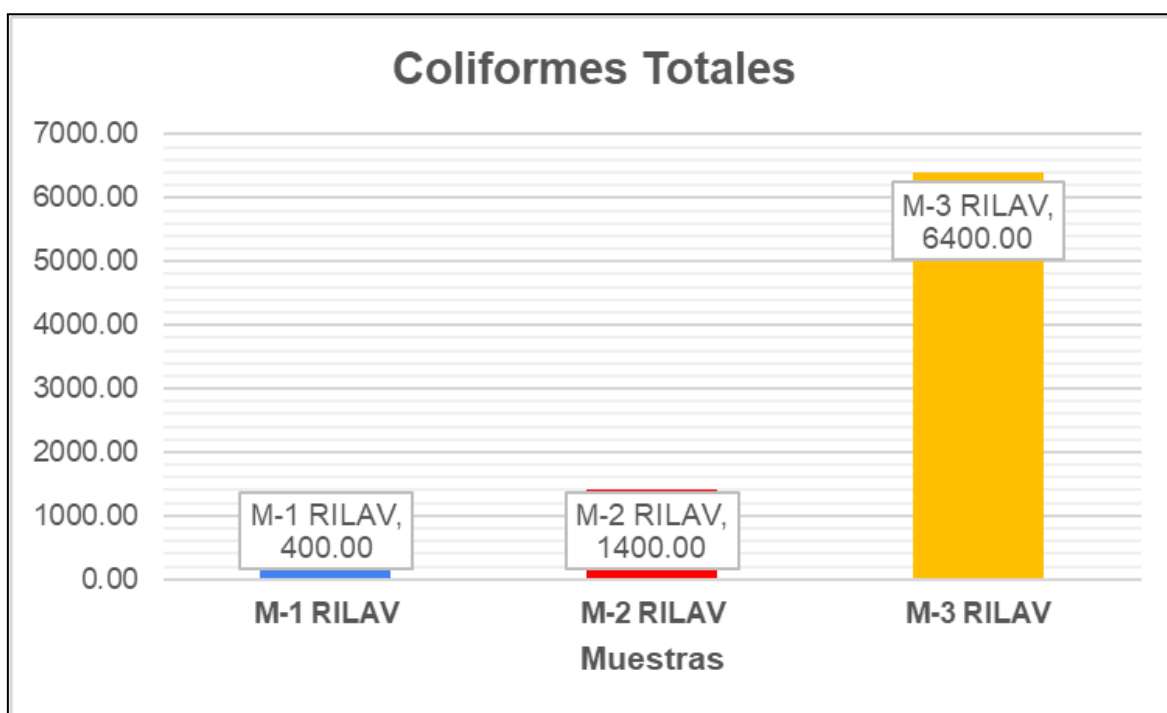


Figura 10: Coliformes totales de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.

Los valores de coliformes totales en las aguas superficiales del río llave fueron de 400 NMP/100 ml en M-1 RILAV, 1400 NMP/100 ml en M-2 RILAV y 6400 NMP/100 ml en M-3 RILAV. Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el límite máximo permitido para

este parámetro es 50 NMP/100 ml, lo que indica que todas las muestras exceden ampliamente el estándar de calidad ambiental establecido.

Los coliformes totales son un indicador microbiológico de contaminación fecal y la presencia de microorganismos potencialmente patógenos en el agua, generalmente asociados a descargas de aguas residuales domésticas, actividades pecuarias y otras fuentes de contaminación orgánica. Los valores elevados detectados en los tres puntos de muestreo reflejan un alto nivel de contaminación microbiológica, especialmente en M-3 RILAV, donde la concentración es extremadamente alta (6400 NMP/100 ml).

Estos resultados sugieren que el agua del río llave no es apta para consumo humano ni para actividades recreativas sin un tratamiento previo, ya que podría representar un riesgo para la salud pública al estar expuesta a posibles bacterias y otros microorganismos patógenos. Se recomienda identificar las fuentes de contaminación fecal y aplicar medidas correctivas, como el tratamiento adecuado de aguas residuales y la protección de las fuentes de agua potable.

Estos resultados discrepan significativamente con los reportados por García (2022), quien encontró concentraciones máximas de coliformes totales de hasta 790 NMP/100 mL, valor que, si bien elevado, aún se mantenía dentro del límite normativo para riego restringido. La autora resalta que todas sus muestras presentaron valores inferiores al estándar microbiológico establecido, lo cual sugiere una condición microbiológica aceptable para el uso agrícola. En contraste, los niveles observados en el presente estudio, especialmente en el punto M-3 (6400 NMP/100 mL), superan ampliamente dicho límite, lo cual refleja una situación de alta contaminación orgánica de origen fecal.

Asimismo, los resultados difieren de manera aún más marcada con lo encontrado por Sias (2022), quien reportó valores de coliformes totales iguales a 0 NMP/100 mL en todos los puntos y durante ambas épocas (avenida y estiaje) en el río Tulumayo. Esta ausencia

total de contaminación microbiológica fue interpretada como un reflejo de adecuada gestión ambiental y baja presión antrópica en la cuenca.

Por otro lado, el estudio de Cabanillas (2022) no aborda específicamente el parámetro coliformes totales, sino la evolución de ciertos metales pesados en cuerpos de agua superficiales. Sin embargo, la comparación con estudios de metales puede ser útil al considerar que tanto los contaminantes microbiológicos como los inorgánicos suelen tener un origen común.

Tabla 12: Coliformes Termotolerantes de las aguas superficiales del río Ilave, provincia de El Collao, según los ECA-Agua (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetro	Unidad	M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV	Límite ECA (DS 004-2017-MINAM)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	30	70	110	20

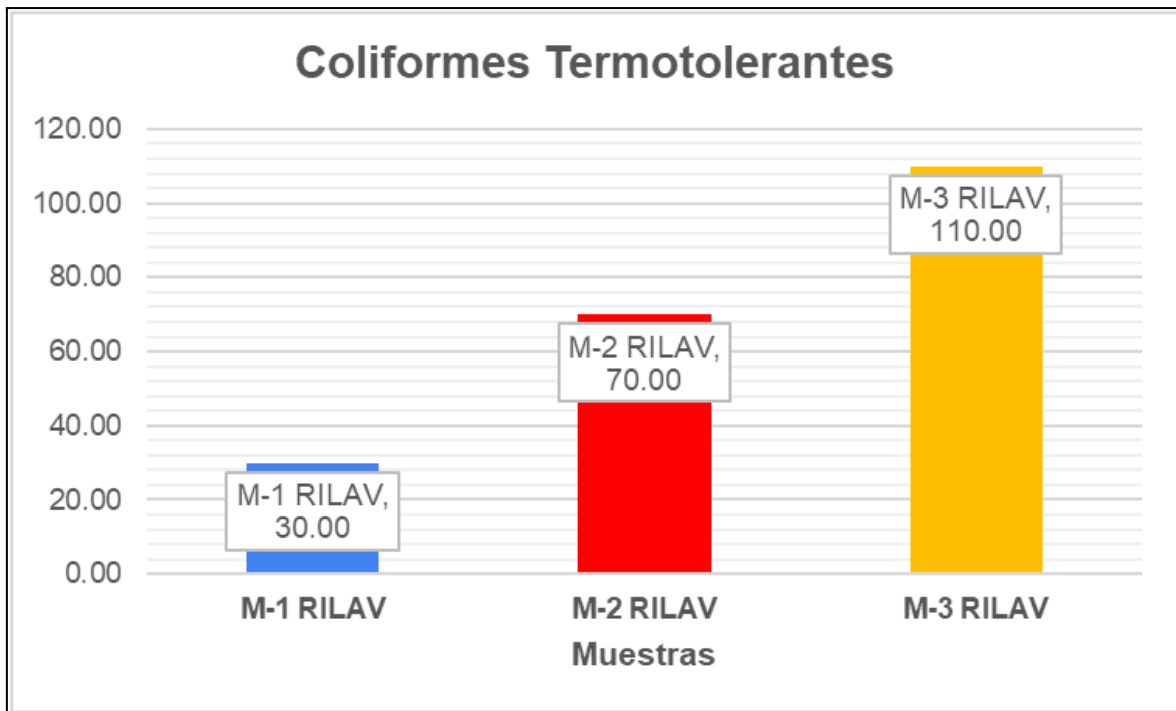


Figura 11: Coliformes Termotolerantes de las aguas superficiales del río llave, provincia de El Collao.

Los valores de coliformes termotolerantes en las aguas superficiales del río llave fueron de 30 NMP/100 ml en M-1 RILAV, 70 NMP/100 ml en M-2 RILAV y 110 NMP/100 ml en M-3 RILAV. Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el límite máximo permitido para este parámetro es 20 NMP/100 ml, lo que indica que todas las muestras superan el valor normativo, evidenciando contaminación microbiológica en el r

Los coliformes termotolerantes (o fecales) son un subgrupo de los coliformes totales y su presencia en concentraciones elevadas indica contaminación reciente por materia fecal de origen humano o animal, lo que representa un alto riesgo sanitario. Estos microorganismos pueden estar acompañados de patógenos como Escherichia coli, virus y parásitos que pueden causar enfermedades gastrointestinales y otras infecciones si el agua es consumida o utilizada sin tratamiento adecuado.

En este caso, los valores más elevados en M-2 y M-3 reflejan una mayor carga de contaminación fecal en esas zonas del río, lo que sugiere la existencia de descargas

directas de aguas residuales o filtraciones de fuentes agrícolas y ganaderas cercanas. Se concluye que el agua del río llave no es apta para consumo humano ni para actividades recreativas sin un tratamiento previo, y se recomienda implementar medidas de saneamiento para reducir la contaminación fecal y proteger la salud pública.

Estos resultados discrepan con lo reportado por Sias (2022), quien encontró niveles de coliformes fecales igual a 0 NMP/100 mL en todos los puntos muestreados del río Monzón, tanto en época de avenida como de estiaje. Esta ausencia total de contaminación microbiológica fue atribuida a un adecuado manejo de residuos y ausencia de descargas domésticas o agrícolas, reflejando una condición sanitaria estable. En contraste, los valores registrados en el presente estudio, especialmente en M-3 (110 NMP/100 mL), superan el límite establecido por la normativa peruana (20 NMP/100 mL), indicando una presencia evidente de contaminación fecal que compromete la calidad del agua.

De forma similar, los resultados también difieren de los encontrados por Ccoya (2024), quien reportó un valor por debajo del límite de detección (<1.8 NMP/100 mL) en el punto P1, y niveles progresivamente mayores en los siguientes puntos, alcanzando un máximo de 33 NMP/100 mL en P4. Aunque estos valores se mantuvieron por debajo de umbrales críticos para usos recreativos, sí se reconoció la necesidad de seguimiento, ya que reflejaban la existencia de fuentes puntuales de contaminación fecal. En comparación, los niveles registrados en el presente análisis muestran un escenario más crítico que exige acciones inmediatas de control sanitario.

Por otro lado, los resultados del presente estudio son más cercanos, aunque aún moderadamente inferiores, a los reportados por Coila (2022), donde se hallaron niveles de hasta 49,000 NMP/100 mL en M-2 y 2,000 NMP/100 mL en M-3, cifras que evidencian una severa contaminación microbiológica en ciertas secciones del río Coata. Aunque el valor más alto en el presente estudio (110 NMP/100 mL) es considerablemente menor,

aún así supera el estándar normativo, señalando un estado de alerta que requiere medidas preventivas para evitar un deterioro mayor.

Finalmente, los hallazgos también discrepan con los de Alberca (2020), quien identificó niveles muy altos en los puntos 01 y 02 del río Huancabamba, con promedios mensuales de 11,300 NMP/100 mL, mientras que en el punto 03 se registraron valores significativamente más bajos (490 NMP/100 mL). En comparación, los valores actuales son menores, pero el hecho de que superen el límite normativo ya constituye una amenaza para la salud pública, especialmente si el agua es utilizada para consumo humano, riego o recreación.

4.3. PROCESO DE PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Planteamiento de la Hipótesis General

Hipótesis Nula (H0): La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao - 2024 cumplen los estándares de calidad ambiental DS N°004-2017 MINAM.

Hipótesis Alternativa (H1): La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao - 2024 no cumplen los estándares de calidad ambiental DS N°004-2017 MINAM.

Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos:

- **Cumplen con los límites establecidos:** Temperatura, Sólidos totales disueltos, Conductividad eléctrica, Potencial de hidrógeno, Fósforo total y Nitratos (Tabla 03, 04, 05, 06, 09 y 10)
- **Exceden los límites establecidos:** Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y Demanda química de oxígeno (DQO) (Tabla 07 y 08)

Análisis de los Parámetros Microbiológicos:

- **Exceden los límites establecidos:** Coliformes totales y Coliformes termotolerantes (Tabla 11 y 12)

Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio (Anexo 05), demuestran que, si bien algunos parámetros fisicoquímicos cumplen con los estándares ambientales, existen excedencias significativas en la DBO₅, DQO y los parámetros microbiológicos, lo que indica contaminación del agua del río llave.

Por lo tanto: se rechaza la hipótesis nula (H₀), ya que no se cumplen todos los estándares establecidos en el DS N° 004-2017-MINAM, y se acepta la hipótesis alterna (H₁), confirmando que la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río llave no cumple con los estándares de calidad ambiental, evidenciando contaminación por materia orgánica y microorganismos de origen fecal.

4.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 01

Planteamiento de la Hipótesis Específica 1

Hipótesis Nula (H₀): La concentración fisicoquímica de las aguas del río llave, provincia de El Collao - cumplen los estándares de calidad ambiental DS N°004-2017 MINAM

Hipótesis Alterna (H₁): La concentración fisicoquímica de las aguas del río llave, provincia de El Collao - no cumplen los estándares de calidad ambiental DS N°004-2017 MINAM.

Para determinar la validez de la Hipótesis Específica 01, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua del río llave y se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos:

- **Cumplen con los límites establecidos (Tabla 03, 04, 05, 06, 09 y 10)**
- **Temperatura:** (18.40°C en M-1, 18.40°C en M-2, 18.40°C en M-3), dentro del límite de variación permitida de ±3°C (Tabla 03).

- **Sólidos totales disueltos:** (33.20 mg/L en M-1, 32.90 mg/L en M-2, 33.40 mg/L en M-3), por debajo del límite de ≤ 100 mg/L (Tabla 04).
- **Conductividad eléctrica:** (265.80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en M-1, 266.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en M-2, 267.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en M-3), dentro del límite de ≤ 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabla 05).
- **Potencial de hidrógeno (pH):** (6.89 en M-1, 6.90 en M-3, M-2 presenta 7.12), dentro del rango permitido de 6.5 a 9.0 para las muestras válidas (Tabla 06).
- **Fósforo total:** (<0.01 mg/L en M-1, <0.01 mg/L en M-2, <0.01 mg/L en M-3), significativamente por debajo del límite de ≤ 2.56 mg/L (Tabla 09).
- **Nitratos:** (2.40 mg/L en M-1, 2.70 mg/L en M-2, 2.90 mg/L en M-3), por debajo del límite de ≤ 13 mg/L (Tabla 10).
- **Exceden los límites establecidos**
 - **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5):** (27.60 mg/L en M-1, 11.04 mg/L en M-2, 14.00 mg/L en M-3), superando el límite de 10 mg/L, lo que indica presencia de contaminación orgánica en las muestras M-1 y M-3 (Tabla 07).
 - **Demanda química de oxígeno (DQO):** (69.00 mg/L en M-1, 27.00 mg/L en M-2, 35.00 mg/L en M-3), superando el límite de 30 mg/L en M-1 y M-3, lo que refleja contaminación por sustancias orgánicas y químicas difícilmente biodegradables (Tabla 08).

Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio (Anexo 05), evidencian que varios parámetros fisicoquímicos cumplen con los estándares ambientales establecidos en el DS N° 004-2017-MINAM, los valores de DBO_5 y DQO superan los límites normativos en algunas muestras, lo que indica contaminación por materia orgánica y agentes químicos en el agua del río llave.

Por lo tanto: Se rechaza la hipótesis nula (H_0), ya que no se cumplen en su totalidad los estándares de calidad ambiental, y se acepta la hipótesis alterna (H_1), lo que confirma

que la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua del río llave no cumple con los estándares de calidad ambiental establecidos, evidenciando contaminación.

4.3.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 02

Planteamiento de la Hipótesis Específica 2

Hipótesis Nula (H0): La concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao no supera los ECA - DS N°004-2017 MINAM.

Hipótesis Alterna (H1): La concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao supera los ECA - DS N°004-2017 MINAM.

Para evaluar la validez de la Hipótesis Específica 02, se analizaron los parámetros microbiológicos del agua del río llave y se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Análisis de los Parámetros Microbiológicos:

1. Exceden los límites establecidos (Tabla 11 y 12):

- **Coliformes Totales:** Se registraron valores de 400 NMP/100 ml en M-1, 1400 NMP/100 ml en M-2 y 6400 NMP/100 ml en M-3, superando ampliamente el límite normativo de ≤ 50 NMP/100 ml. Estos valores evidencian una contaminación microbiológica significativa en el agua del río llave (Tabla 11).
- **Coliformes Termotolerantes:** Se obtuvieron valores de 30 NMP/100 ml en M-1, 70 NMP/100 ml en M-2 y 110 NMP/100 ml en M-3, todos los cuales superan el límite normativo de ≤ 20 NMP/100 ml, lo que indica la presencia de contaminación fecal reciente en las aguas analizadas (Tabla 12).

Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio (Anexo 05) muestran que todos los valores de coliformes totales y termotolerantes superan significativamente los estándares establecidos en el (Decreto Supremo N° 004, 2017), lo que indica una contaminación microbiológica grave en el agua del río llave. Esta contaminación es un claro indicador de

la presencia de aguas residuales domésticas o actividades agrícolas y ganaderas que contribuyen al deterioro de la calidad del agua.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0), ya que los valores obtenidos superan los límites establecidos por la normativa ambiental, y se acepta la hipótesis alterna (H_1), lo que confirma que la concentración de los parámetros microbiológicos en las aguas del río llave no cumple con los estándares de calidad ambiental y representa un riesgo para la salud pública y el ecosistema acuático.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao - 2024 no cumplen los estándares de calidad ambiental DS N°004-2017 MINAM. Debido a que se evidencia que los valores de DBO₅ (27.60 mg/L en M-1, 11.04 mg/L en M-2 - 7.12, 14.00 mg/L en M-3) y DQO (69.00 mg/L en M-1, 27.00 mg/L en M-2, 35.00 mg/L en M-3) superan los límites permitidos de 10 mg/L y 30 mg/L, respectivamente, lo que indica contaminación orgánica y química. Asimismo, los valores de coliformes totales (400 NMP/100 ml en M-1, 1400 NMP/100 ml en M-2, 6400 NMP/100 ml en M-3) y coliformes termotolerantes (30 NMP/100 ml en M-1, 70 NMP/100 ml en M-2, 110 NMP/100 ml en M-3) superan ampliamente los estándares de calidad ambiental (≤ 50 y ≤ 20 NMP/100 ml, respectivamente), confirmando contaminación microbiológica. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1). Estos resultados reflejan un impacto ambiental significativo en la calidad del agua del río, lo que puede afectar a los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad local. Además, la presencia de contaminación microbiológica sugiere un alto riesgo para la salud pública, especialmente en comunidades que dependen del río para consumo o actividades recreativas.

SEGUNDA: La concentración fisicoquímica de las aguas del río llave, provincia de El Collao - no cumplen los estándares de calidad ambiental DS N°004-2017 MINAM. Aunque la mayoría de los parámetros, como la temperatura (18.40°C en todas las muestras), sólidos totales disueltos (33.20 mg/L en M-1, 32.90 mg/L en M-2, 33.40 mg/L

en M-3), conductividad eléctrica (265.80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en M-1, 266.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en M-2, 267.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en M-3), fósforo total (<0.01 mg/L en todas las muestras) y nitratos (2.40 mg/L en M-1, 2.70 mg/L en M-2, 2.90 mg/L en M-3), cumplen con los estándares ambientales, los valores de DBO_5 y DQO en M-1 y M-3 superan los límites normativos. Esto indica contaminación por materia orgánica y agentes químicos en ciertas zonas del río, lo que justifica el rechazo de la hipótesis nula (H_0) y la aceptación de la hipótesis alterna (H_1). La presencia de valores elevados de DBO_5 y DQO indica una alta carga de materia orgánica biodegradable y compuestos químicos en el agua, lo que puede afectar la concentración de oxígeno disuelto y comprometer la vida acuática.

TERCERA: La concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas del río llave, provincia de El Collao supera los ECA - DS N°004-2017 MINAM. Ya que los valores de coliformes totales en M-1 (400 NMP/100 ml), M-2 (1400 NMP/100 ml) y M-3 (6400 NMP/100 ml) superan en gran medida el límite de 50 NMP/100 ml, y los coliformes termotolerantes en M-1 (30 NMP/100 ml), M-2 (70 NMP/100 ml) y M-3 (110 NMP/100 ml) exceden el límite de 20 NMP/100 ml. Esto indica una contaminación microbiológica severa en el agua del río llave, representando un riesgo para la salud pública y el ecosistema acuático. Por ello, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). La alta concentración de coliformes totales y termotolerantes indica contaminación por materia fecal, lo que sugiere descargas de aguas residuales sin tratamiento y la posible presencia de microorganismos patógenos.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Al Ministerio del Ambiente (MINAM), fortalecer la vigilancia ambiental en la cuenca del río llave mediante monitoreos periódicos de calidad del agua. Además, es necesario implementar un plan de recuperación ambiental que incluya estrategias de remediación de la contaminación orgánica y microbiológica detectada. La regulación y fiscalización de fuentes contaminantes, como vertimientos industriales y municipales, deben reforzarse con sanciones efectivas para aquellas entidades que incumplan con las normativas ambientales. Asimismo, se sugiere promover programas de educación ambiental en coordinación con gobiernos locales y comunidades para fomentar prácticas sostenibles en el manejo de recursos hídricos.

SEGUNDA: A la Autoridad Nacional del Agua (ANA), incrementar los controles sobre el uso del agua y la gestión de vertimientos en la cuenca del río llave. Es necesario que se realicen inspecciones exhaustivas a las industrias y municipalidades para verificar el cumplimiento de las normativas de tratamiento de aguas residuales. Además, la ANA debería promover incentivos para que los actores involucrados implementen tecnologías de tratamiento de aguas residuales más eficientes. Asimismo, se sugiere la creación de estaciones de monitoreo automático de calidad del agua en puntos estratégicos del río para una supervisión más efectiva y en tiempo real.

TERCERA: A la Municipalidad Provincial de El Collao - llave, priorizar la construcción y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que la presencia de estos contaminantes sugiere descargas sin tratamiento adecuado.

Asimismo, es fundamental implementar campañas de educación y sensibilización dirigidas a la población sobre la correcta disposición de residuos líquidos y sólidos. La municipalidad debe trabajar en conjunto con el MINAM y la ANA para desarrollar proyectos de saneamiento sostenible, incluyendo la ampliación de redes de alcantarillado y el fortalecimiento de las normativas locales sobre el vertimiento de aguas residuales en cuerpos hídricos. Además, se recomienda a la Gerencia de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Municipalidad de Ilave realizar operativos de fiscalización en las zonas donde se identificaron mayores niveles de contaminación, con el objetivo de sancionar a quienes incumplan con la normativa ambiental y fomentar la implementación de prácticas adecuadas de gestión de residuos líquidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberca, O. (2020). *Calidad de agua del río Huancabamba mediante el análisis de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, causas y alternativa de solución, 2020*. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1905>
- Alderete, M. B. (2022). *Evaluación de la calidad de aguas superficiales en la cuenca del Río Rímac mediante análisis multivariado para el período 2011—2018*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5360>
- 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*, 36(1), 382-404. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.24>
- Argota, G., Escobar, F., & Moreno, E. G. (2020). Calidad estacionaria del agua ante el costo ambiental sostenible relativo con agregación de biomarcadores: Bahía de Puno, lago Titicaca, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(2), 146-154. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.602>
- Aveiga, A. M., Noles, P., Cruz, A. D. la, Peñarrieta, F., & Alcantara, F. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. *Enfoque UTE*, 10(3), 30-41. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n3.423>
- Barceló, D., & López, M. J. (2022). *Contaminación y calidad química del agua: El problema de los contaminantes emergentes*. https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf
- Barriga, C. J., Figueroa, E. F., Chavez, B. J., Flores, J. M., Flores, G. S., Mamani, E. E., Cabana, I. A., & Quispe, R. F. (2022). Calidad de aguas superficiales y subterráneas en la zona de influencia de una cantera de yeso en el Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(2), 101-116. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.383>
- Benítez, B. M., Ramírez, M. C., Rosales, M. A., Vílchez, D. M., Rangel, L. C., Ferrer, K. J.,

- & Ávila, A. G. (2019). Evaluación físico-química y microbiológica del agua potable envasada en bolsas que se venden en la zona céntrica de la ciudad de Maracaibo-Venezuela. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 35(4), 107-113.
- Bofill, S., Clemente, P., Albiñana, N., Maluquer, C., Hundesa, A., & Girones, R. (2021). Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 253-269.
- Bollaín, C., Vicente, D., Bollaín Pastor, C., & Vicente Agulló, D. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. *Revista Española de Salud Pública*, 93. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1135-57272019000100012&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Briones, F. S., & Linares, A. P. (2021). Gestión ambiental para la recuperación de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del Río Inambari, 2021. *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32601/Briones%20Salas%20c%20Fatima%20Soledad%20-%20Linares%20Romero%2c%20Alejandra%20Patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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>
- Callata, N. (2022). Estudio geoquímico y calidad de las aguas superficiales de los ríos Coata y Torococha, provincia San Román—Puno. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19330>
- Cárdenas, P. A. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca hidrográfica*

del Río Tutanangoza mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del ICA-NSF [bachelorThesis].

<http://dspace.upsc.edu.ec/handle/123456789/19608>

Carrasco, R. R., Vigil, S. V., Valiente, Y. M., & González, D. G. (2023). Contaminación urbano ambiental y espacio público del centro de Piura, Perú: Revisión sistemática. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(16), 171-183. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i16.2542>

Cerna, A. F., Aguirre, C., Wong, B. L., Tello, J. L., & Pinchi, W. (2022). Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 239-248. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.022>

Cervantes, A. I., Cruz, M. R., Aguilar, R., Castilla, P., & Meraz, M. (2020). Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua tratada en un reactor UASB escala piloto. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(1), 67-77.

Chavarría, E. Y., Huamaní, L. L., Basurto, C. M., & Carvo, O. S. (2023). Nivel de calidad de la demanda bioquímica de oxígeno del proceso de filtros biológicos. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 7(19), 153-159. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.205>

Chavarría, E. Y., Lopez, G. M., Chavez, M. Y., Orellana, D. E., Perez, J. B., & Guillermo, W. (2024). Evaluación de parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua del río San Juan de Pillo, Tayacaja. En *Fondo Editorial UNET*. Fondo Editorial UNET. <https://doi.org/10.56224/ediunat.51>

Coila, F. J. (2022). Evaluación de la calidad del agua en la zona de confluencia de los ríos Torococha y Coata Caracoto-San Román—Puno. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18608>

Conejeros, A., Hueichaqueo, C., Martinez, B. L., Placeres, A. (2021). Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural. *Ingeniería Electrónica*,

Automática y Comunicaciones, 42(3), 60-70.

Decreto Supremo N° 004. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua—Ministerio del Ambiente*. Aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua en el Perú.

<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Dueñas, C. E., & Chau, J. A. (2023). Influencia de las lluvias en la calidad del agua con relación a metales en ríos de la costa del Perú. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 27(120), 42-50. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i120.730>

Espinoza, G. R. (2022). Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca parte alta del río Llallimayo, provincia de Melgar, Puno, Perú. *Universidad Nacional del Altiplano*.

Estupiñán, S. M., Ávila, S. L., Barrera, D., Baquero, R., Díaz, D. A., & Rodríguez, A. H. (2020). Características bacteriológicas, físicas y pH del agua de consumo humano del municipio de Une-Cundinamarca. *Nova*, 18(33), 101-112.

<https://doi.org/10.22490/24629448.370>

Fernández, M., & Guardado, R. M. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (INCAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología*, 37(1), 105-119.

García, M. I., Santillán, I. E., Holguín, R., & Sariñana, O. (2022). Impacto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en la biomasa, pigmentos fotosintéticos y compuestos nitrogenados en lechuga. *Biotecnia*, 24(3), 115-122.

<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i3.1687>

García, Y. K. (2022). *Estudio de la calidad microbiológica de las aguas del río Camaná—Arequipa durante los meses de marzo—junio del 2021*.

<http://hdl.handle.net/20.500.12773/14886>

Gastañaga, M. del C. (2018). Agua, Saneamiento y Salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35, 181-182.

<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3732>

- Gonzales, W., Acharte, L. M., Poma, J. C., Sánchez, V. G., Quispe, F. A., & Meseguer, R. (2023). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(1), 23-31. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.486>
- González, M. I. (2013). Un futuro a favor de la protección del agua. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 51(2), 126-128.
- 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>
- Ibana, K., Sihuay, M., Garate, J., Araújo, J., Herrera, M., Alarcón, G., & Rodriguez, L. (2021). Contaminación de agua superficial de la periferia urbana de Puerto Maldonado, al sureste de la amazonia peruana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(6). <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.20365>
- Larrea, J. A., Romeu, B., Lugo, D., & Rojas, M. M. (2022). Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de las aguas: El río almedares como caso de estudio. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 53(2), 148-159.
- Marín, R. (2004). *El agua: Un derecho intransferible*. Fundación Podion y Corporación Podion.
- Marsily, G. D. (2005). *El Agua*. Siglo XXI.
- Mendoza, M. A. (2019). *Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, Perú*. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12256>
- MINAM. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima, Perú: Dirección General de Calidad Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>

- Mora, C. de la, Flores, H. E., Durán, Á., & Ruiz, J. A. (2011). Cambio climático y el impacto en la concentración de oxígeno disuelto en el Lago de Chapala. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(SPE2), 381-394.
- Moretti, L. F., & Valiente, Y. M. (2023). Contaminación Ambiental y sus Efectos en la Salud Pública. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8, 257-268.
<https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2784>
- Muñoz, U., & Ruiz, Y. 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
- Nieto, N. (2019). La gestión del agua: Tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, 36, 157-176.
- Oblitas, L. (2020). Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: Beneficios potenciales y determinantes de éxito. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/83da8118-b260-4555-8d46-a0b833906db7/content>
- Oré, J. B. (2019). Evaluación de la contaminación del agua ocasionada por actividades piscícolas del río Chía en el distrito de Ingenio – Huancayo. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4578>
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). *El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático | Noticias ONU*.
<https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Agua para consumo humano*.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

- Ortiz, A. M., Noles, P., Cruz, A., Peñarrieta, F., & Alcantara, F. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. *Enfoque UTE*, 10(3), 30-41. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n3.423>
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- Paredes, K. O. (2023). Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Choquechaca para el riego de vegetales y bebida de animales Distrito de Yunguyo, 2023. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/582>
- Peña, A. (2018). Una perspectiva social de la problemática del agua. *Investigaciones geográficas*, 62, 125-137.
- Reyes, R. E., Galván, L. E., & Aguiar Serra, M. (2020). El precio de la contaminación como herramienta económica e instrumento de política ambiental. *Interciencia*, 30(7), 436-441.
- Rojas, L. A. (2022). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales generadas por el hospital José Hernán Soto Cadenillas, Chota-2020*. <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/220>
- Ruiz, E. Y. (2022). Análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad del agua para consumo humano del Centro Poblado de Buena Vista, Distrito De Pozuzo, Provincia De Oxapampa—Perú, 2021. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2606>
- Salas, J., Maraver, F., Rodríguez, L., Sáenz de Pipaon, 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*, 37(5), 1072-1086. <https://doi.org/10.20960/nh.03160>

- Salazar, J. E. (2020). Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el período 2015-2019. *Universidad Continental*.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7893>
- Sanguil, B. S. (2022). *Evaluación de la calidad del agua mediante el índice de calidad de agua ICA-NSF del río Quero, Cantón Quero*.
<http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4580>
- Sias, D. Y. (2023). Calidad de agua en el río Huallaga y sus tributarios según el índice de Oregón, Tingo María, Huánuco. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*.
<https://hdl.handle.net/20.500.14292/2736>
- Suárez, M. Á. (2019). Aguas del planeta. *Blog de Miguel Ángel Suárez Umpiérrez*.
<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/msuaump/sociales/aguas-del-planeta/>
- Velázquez, L. de J., Ortiz, I. A., Chávez, J. A., & Pámanes, G. A. (2022). Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.482>
- Vidal, L. (2021). Agua nuestra de cada día. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32(1), 3-3.
- Villa, G. H. (2022). *El agua: Un derecho humano y de la naturaleza: Claves para reinterpretar su normatividad*. Editorial Universidad del Rosario.
- Villarreal, M. P. (2020). Calidad de agua del río San Juan, en el departamento de Pasco. *Universidad Nacional Federico Villarreal*.
<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/1570>
- Villena, J. A. (2019). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35, 304-308.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

Zambrano, J. D., Delgado, A. G., Zambrano, E. T., & Peñaherrera, S. L. (2022).
Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la
provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 9(2).
<https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4011>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia: EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DEL RÍO ILAVE, PROVINCIA DE EL COLLAO - 2024

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Tipo de investigación:
¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las aguas superficiales del río Ilave, provincia de El Collao - 2024?	Evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río Ilave, provincia de El Collao - 2024.	La calidad de agua según los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Ilave, provincia de El Collao - 2024 no cumplen los estándares de calidad ambiental según el DS N°004-2017 MINAM.	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	cuantitativa, observacional, descriptiva, analítica, horizontal y retrospectiva. Diseño de investigación: No experimental.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Población:
¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales del río Ilave, provincia de El Collao - 2024?	Determinar las concentraciones fisicoquímicas de las aguas superficiales del río Ilave, provincia de El Collao - 2024.	Las concentraciones fisicoquímicas de las aguas superficiales del río Ilave, provincia de El Collao - 2024 no cumplen los estándares de calidad ambiental según el DS N°004-2017 MINAM.	Aguas del río Ilave	sistema hidrográfico de la cuenca del río Ilave. Muestra: 3 puntos a lo largo del cauce del río Ilave.
¿Cuáles son los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas superficiales del río Ilave, provincia de El Collao - 2024?	Determinar los niveles de concentración de microorganismos biológicos de las aguas superficiales del río Ilave, provincia de El Collao - 2024.	Existe alta concentración de microorganismos biológicos de las aguas superficiales del río Ilave, provincia de El Collao - 2024.		Indicadores: Fisicoquímicos: T°, CE, pH, STD, DBO ₅ , DQO, Nitratos, fósforo total Microbiológicos: Bacterias termotolerantes

Anexo 02: Formulario para toma de muestra de agua y evaluación

Ubicación _____ Código _____

Localidad _____ Distrito _____

Provincia _____ Departamento _____

Punto de muestreo	Fecha	Hora	Tipo de muestra	N° de envase	Análisis requerido

Anexo 03: Decreto supremo n°004-2017 minam

10	NORMAS LEGALES	Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano
<p>Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias</p>	<p>publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;</p> <p>De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;</p>	
<p>DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM</p>		
<p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p>		
<p>CONSIDERANDO:</p>	<p>DECRETA:</p>	
<p>Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;</p>	<p>Artículo 1.- Objeto de la norma</p>	
<p>Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;</p>	<p>La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.</p>	
<p>Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;</p>	<p>Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua</p>	
<p>Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;</p>	<p>Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.</p>	
<p>Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;</p>	<p>Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua</p>	
<p>Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;</p>	<p>Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:</p>	
<p>Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;</p>	<p>3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional</p>	
<p>Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;</p>	<p>a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable</p>	
<p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;</p>	<p>Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:</p>	
<p>Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;</p>	<p>- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección</p>	
<p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,</p>	<p>Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.</p>	
	<p>- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional</p>	
	<p>Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.</p>	
	<p>- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado</p>	
	<p>Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.</p>	
	<p>b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación</p>	
	<p>Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente.</p>	

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos

- Estuarios

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en vales o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas de mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,743	0,250	0,042
5	153	49,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,68	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,490	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*) El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Acidos y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	513		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Oclor (b)	Color verdadero Escala PV Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

ORGÁNICO

Bifenilos Policlorados

Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045
------------------------------	------	------	-------

PLAGUICIDAS

Paratión	µg/L	35	35
----------	------	----	----

Organoclorados

Aldrin	µg/L	0,004	0,7
Clordano	µg/L	0,006	7
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001	30
Dieldrin	µg/L	0,5	0,5
Endosulfén	µg/L	0,01	0,01
Endrin	µg/L	0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,03
Lindero	µg/L	4	4

Carbamato

Aldicarb	µg/L	1	11
----------	------	---	----

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Coiformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	**

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

(b): Después de filtración simple.

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

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

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuáricos	Marinos
FISICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/l.	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBC ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l.	≤ 75	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/l.	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/l.	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000033	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1. Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentacloróeno (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3^- -N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).

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

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2. Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,50	4,40	3,10
7,2	26,00	16,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,68	0,47	0,34
8,2	2,70	1,90	1,30	0,97	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,50	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,50	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,30	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	2,50	1,90	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH_3 -N), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2

Anexo 04: Resultados del análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N.º 000015

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Fisicoquímico, DBO Y DQO de AGUA

PROCEDENCIA : RIO ILAVE
INTERESADO : Juan Vizney Villaca Coallo.
PROYECTO : Evaluación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río Ilave, provincia del Collao 2024

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA.
FECHA DE MUESTREO : 19/01/2025, por el interesado
FECHA DE RECEPCION : 20/01/2025
FECHA DE ANÁLISIS : 20/01/2025
CODIGO DE PAGO : B009-000721
CODIGO DE MUESTRA : M-1 RILAV - Aguas arriba.
 M-2 RILAV - Zona intermedia.
 M-3 RILAV - Zona baja.

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

PARAMETROS FISICO QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADOS			METODOLOGIA
		M-1 RILAV	M-2 RILAV	M-3 RILAV	
1.- Potencial de Hidrogeno	pH	6.89	7.12	6.90	Potenciómetro
2.- Conductividad Eléctrica	µS/cm	265.80	266.00	267.70	Potenciómetro
3.- Temperatura	°C	18.40	18.40	18.40	Potenciómetro
4.- Sólidos Totales Disueltos	mgL ⁻¹	33.20	32.90	33.40	Potenciómetro
6.- Fosforo total	mgL ⁻¹	<0.01	<0.01	<0.01	Colorimetría
7.- Nitratos	mgL ⁻¹	2.40	2.70	2.90	Colorimetría
8.- Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgL ⁻¹	69.00	27.00	35.00	Colorimetría
9.- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mgL ⁻¹	27.60	11.04	14.00	DBOs Incubación 5 días
10.- Coliformes Totales	NMP/100ml	400	1400	6400	NUMERO MAS PROBABLE (NMP)
11.- Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	30	70	1100	NUMERO MAS PROBABLE (NMP)

Puno, C.U. 07 de febrero del 2025.
 VºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIO-UNA - CIP - 152783



Dr. Teófilo Donaires Flores
DECANO DE LA F.I.Q.
UNA - PUNO

* El ICC-FIQ no garantiza la procedencia ni la buena práctica de toma de la muestra ya que el interesado ingresa la muestra directamente al laboratorio.
 Ciudad Universitaria Av. Floral Nº 1153, Facultad de Ingeniería Química – Cel.: 951755420

Anexo 05: Fotografías de la recolección de muestras de agua



Figura 12: Recolección de muestras de agua superficial en el río llave – Punto M-2

Fuente: Fuente Propia



Figura 13: Recolección de muestras de agua superficial en el río llave – Punto M-3

Fuente: Fuente Propia



Figura 14: Recolección de muestras de agua superficial en el río llave – Punto M-2

Fuente: Fuente Propia



Figura 15: Recolección de muestras de agua superficial en el río llave – Punto M-1

Fuente: Fuente Propia



Figura 16: Recolección de muestras de agua superficial en el río llave – Punto M-1

Fuente: Fuente Propia