

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS

FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS CATEGORÍA 4 DS.

004-2017-MINAM EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ, 2025

PRESENTADA POR:

HOLLYWOOD RODRIGO CHURATA LAQUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



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



5.6%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 2 JUN 2026, 11:06 AM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL 1.57% ● CHANGED TEXT 4.02%

Report #33501705

HOLLYWOOD RODRIGO CHURATA LAQUI // EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS CATEGORÍA 4 DS. 004-2017-MINAM EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ, 2025 PRESENTADA POR: HOLLYWOOD RODRIGO CHURATA LAQUI RESUMEN El presente estudio evaluó la calidad del agua en tres puntos de muestreo del distrito de Santa Rosa – Mazocruz durante el año 2025, mediante el análisis de parámetros físicos , químicos y microbiológicos, comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, Categoría 4, establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Los resultados físico-químicos mostraron valores de pH entre 7.60 y 7.90, turbidez entre 4 y 9 NTU, sólidos suspendidos totales entre 12 y 20 mg/L, sólidos disueltos totales entre 0.17 y 0.32 g/L, conductividad eléctrica entre 0.42 y 0.50 mS/cm y temperaturas de 9.5 a 11 °C; todos dentro de los límites permitidos por los ECA. Asimismo, los nutrientes presentaron concentraciones de nitratos entre 12 y 18 mg/L y fósforo total entre 0.25 y 0.45 mg/L, mientras que la carga orgánica reflejó valores de DBO₅ entre 2.1 y 4.2 mg/L y DQO entre 20 y 30 mg/L, también dentro de los estándares de conservación ambiental. En contraste, los parámetros microbiológicos evidenciaron valores elevados de coliformes totales (500 – 1100 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (15 – 40 NMP/100 mL), excediendo los límites establecido por la normativa. Estos resultados evidencian que, si bien el agua

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS
FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS CATEGORÍA 4 DS.
004-2017-MINAM EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ, 2025
PRESENTADA POR:
HOLLYWOOD RODRIGO CHURATA LAQUI
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub Área: Ingeniería Ambiental.

Línea de investigación: Ciencias Ambientales.

Puno, 08 de junio del 2026.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para continuar cada día y culminar esta etapa importante de mi formación. A mis padres, cuyo amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido la base fundamental de mi crecimiento personal y académico. A mi familia y seres queridos, quienes con sus palabras de ánimo, compañía y comprensión me acompañaron en los momentos más difíciles y celebraron conmigo cada logro alcanzado. También dedico este esfuerzo a aquellas personas especiales que, de una u otra manera, aportaron motivación, guía o inspiración para que hoy este trabajo sea una realidad. A todos ustedes, con profundo cariño y gratitud, les ofrezco este logro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a Dios por brindarme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar este trabajo de investigación. Mi gratitud especial a mis padres y a toda mi familia, cuyo amor, apoyo y confianza han sido pilares esenciales durante todo este proceso académico. Extiendo mi sincero agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos, a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y a la plana docente, quienes con su formación, orientación y compromiso contribuyeron significativamente a mi desarrollo profesional. Asimismo, expreso mi reconocimiento a las autoridades, instituciones y personas que brindaron su apoyo directo e indirecto para la realización de esta investigación en el distrito de Santa Rosa – Mazocruz, facilitando el acceso a la información, los espacios de trabajo y la coordinación necesaria para ejecutar cada etapa del estudio. A todos ellos, mi más profundo agradecimiento por hacer posible la culminación de este proyecto académico.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-------------------|------|
| DEDICATORIA | 1 |
| AGRADECIMIENTOS | 2 |
| ÍNDICE GENERAL | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 8 |
| ÍNDICE DE ANEXOS | 9 |
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

| | |
|--|-----------|
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 14 |
| 1.1.1. PROBLEMA GENERAL | 15 |
| 1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS | 15 |
| 1.2. ANTECEDENTES | 15 |
| 1.2.1. INTERNACIONALES | 15 |
| 1.2.2. NACIONALES | 17 |
| 1.2.3. LOCALES | 22 |
| 1.3. OBJETIVOS | 23 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL | 23 |
| 1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS | 23 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|---|-----------|
| 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL | 24 |
| 2.1.1. CALIDAD DEL AGUA | 24 |
| 2.1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA | 25 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1.3. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA | 25 |
| 2.1.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN NORMATIVAS | 26 |
| 2.1.5. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA | 26 |
| 2.1.6. IMPORTANCIA DE EVALUAR PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS | 28 |
| 2.3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL | 29 |
| 2.2.1 CONCEPTOS GENERALES | 29 |
| 2.2.2. PARÁMETROS FÍSICOS | 30 |
| 2.2.3. PARÁMETROS QUÍMICOS | 30 |
| 2.2.4. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS | 31 |
| 2.4. MARCO TEÓRICO NORMATIVO | 31 |
| 2.5. HIPÓTESIS | 32 |
| 2.5.1. HIPÓTESIS GENERAL | 32 |
| 2.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS | 32 |
| CAPÍTULO III | |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | |
| 3.1. ZONA DE ESTUDIO | 33 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA | 34 |
| 3.2.1. POBLACIÓN | 34 |
| 3.2.2. MUESTRA | 34 |
| 3.3. MÉTODOS Y MATERIALES | 36 |
| 3.3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN | 36 |
| 3.3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 36 |
| 3.3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 37 |
| 3.3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO | 37 |
| 3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO | 38 |
| 3.4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01 | 38 |
| 3.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02 | 40 |
| 3.4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 03 | 41 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 42 |
|--------------------------------------|----|

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

| | |
|---|-----------|
| 4.1. EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS, SEGÚN LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA; CATEGORÍA 4 ESTABLECIDOS EN EL D.S. N.º 004-2017-MINAM, EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ, 2025. | 43 |
| 4.1.1. ESTADO FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO: | 44 |
| 4.2. ANALIZAR LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO ESTABLECIDOS DEL DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ. | 45 |
| 4.2.1. ESTADO FÍSICO-QUÍMICO: RANGOS | 46 |
| 4.2.2. INTERPRETACIÓN TÉCNICA | 48 |
| 4.3. EVALUAR LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO ESTABLECIDOS DEL DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ. | 55 |
| 4.3.1. RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS: RANGOS IDENTIFICADOS | 56 |
| 4.3.2. INTERPRETACIÓN TÉCNICA | 56 |
| 4.3.3. EVALUACIÓN GLOBAL DEL ESTADO MICROBIOLÓGICO | 58 |
| 4.4. COMPARAR LOS VALORES OBTENIDOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS CON LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA, SEGÚN EL D.S. N.º 004-2017-MINAM, CATEGORÍA 4. | 58 |
| 4.4.1. COMPARACION DE PARAMETROS FISICOS | 59 |
| 4.4.2. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS | 60 |
| 4.4.3. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS | 61 |
| 4.4.4. INTERPRETACIÓN DEL CUMPLIMIENTO SEGÚN ECA | 61 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| 4.4.5. COMPARATIVA FINAL | 62 |
| 4.5. DISCUSIÓN | 62 |
| CONCLUSIONES | 66 |
| RECOMENDACIONES | 68 |
| BIBLIOGRAFÍA | 69 |
| ANEXOS | 72 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 01: Ubicación de las estaciones de muestreo. | 36 |
| Tabla 02: Operacionalización de variables. | 42 |
| Tabla 03: Parámetros físicos. | 46 |
| Tabla 04: Parámetros químicos. | 47 |
| Tabla 05: Resultados microbiológicos. | 56 |
| Tabla 06: Comparación de parámetros físicos. | 59 |
| Tabla 07: Comparación de parámetros químicos. | 60 |
| Tabla 08: Comparación de parámetros microbiológicos. | 61 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 01: Mapa de georeferencia de puntos de muestreo. | 34 |
| Figura 02: Vista general de la zona de estudio. | 76 |
| Figura 03: Toma de muestra de agua en el punto M1. | 76 |
| Figura 04: Toma de muestra de agua en el punto M2. | 77 |
| Figura 05: Toma de muestra de agua en el punto M3. | 77 |
| Figura 06: Acondicionamiento de las muestras para su traslado. | 78 |
| Figura 07: Registro de la guía de campo en el punto M1. | 79 |
| Figura 08: Registro de la guía de campo en el punto M2. | 80 |
| Figura 09: Registro de la guía de campo en el punto M3. | 81 |
| Figura 10: Resultados del laboratorio. | 82 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA: Evaluación de la calidad del agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos Categoría 4 DS. 004-2017-MINAM en el Distrito de Santa Rosa - Mazocruz, 2025. | 73 |
| Anexo 02: Ficha de recolección de datos | 75 |
| Anexo 03: Registro Fotográfico | 76 |

RESUMEN

El presente estudio evaluó la calidad del agua en tres puntos de muestreo del distrito de Santa Rosa – Mazocruz durante el año 2025, mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, Categoría 4, establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Los resultados físico-químicos mostraron valores de pH entre 7.60 y 7.90, turbidez entre 4 y 9 NTU, sólidos suspendidos totales entre 12 y 20 mg/L, sólidos disueltos totales entre 0.17 y 0.32 g/L, conductividad eléctrica entre 0.42 y 0.50 mS/cm y temperaturas de 9.5 a 11 °C; todos dentro de los límites permitidos por los ECA. Asimismo, los nutrientes presentaron concentraciones de nitratos entre 12 y 18 mg/L y fósforo total entre 0.25 y 0.45 mg/L, mientras que la carga orgánica reflejó valores de DBO₅ entre 2.1 y 4.2 mg/L y DQO entre 20 y 30 mg/L, también dentro de los estándares de conservación ambiental. En contraste, los parámetros microbiológicos evidenciaron valores elevados de coliformes totales (500 – 1100 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (15 – 40 NMP/100 mL), excediendo los límites establecidos por la normativa. Estos resultados evidencian que, si bien el agua mantiene condiciones físico-químicas adecuadas para la preservación del ecosistema acuático, presenta contaminación fecal reciente que afecta su calidad sanitaria. En conclusión, la calidad del agua del distrito de Santa Rosa – Mazocruz cumple con los ECA en los parámetros físico-químicos y químicos, pero no en los microbiológicos, constituyendo estos últimos el principal factor de deterioro ambiental y riesgo para el uso del recurso hídrico en la zona.

Palabras clave: Calidad del agua, Coliformes, Contaminación microbiológica, Parámetros físico-químicos, Recursos hídricos.

ABSTRACT

This study evaluated water quality at three sampling points in the Santa Rosa – Mazocruz district during 2025, through the analysis of physical, chemical, and microbiological parameters, compared with the Environmental Quality Standards for water, Category 4, established in Supreme Decree No. 004-2017-MINAM. The physicochemical results showed pH values between 7.60 and 7.90, turbidity between 4 and 9 NTU, total suspended solids between 12 and 20 mg/L, total dissolved solids between 0.17 and 0.32 g/L, electrical conductivity between 0.42 and 0.50 mS/cm, and temperatures from 9.5 to 11 °C; all within the limits permitted by the Environmental Quality Standards. Likewise, the nutrients showed nitrate concentrations between 12 and 18 mg/L and total phosphorus between 0.25 and 0.45 mg/L, while the organic load reflected BOD₅ values between 2.1 and 4.2 mg/L and COD between 20 and 30 mg/L, also within environmental conservation standards. In contrast, the microbiological parameters showed high values of total coliforms (500–1100 MPN/100 mL) and thermotolerant coliforms (15–40 MPN/100 mL), exceeding the limits established by regulations. These results indicate that, although the water maintains adequate physicochemical conditions for the preservation of the aquatic ecosystem, it presents recent fecal contamination that affects its sanitary quality. In conclusion, the water quality of the Santa Rosa – Mazocruz district complies with the ECA in the physical-chemical and chemical parameters, but not in the microbiological ones, the latter constituting the main factor of environmental deterioration and risk for the use of the water resource in the area.

Keywords: Water quality, Coliforms, Microbiological contamination, Physicochemical parameters, Water resources.

INTRODUCCIÓN

El agua constituye uno de los recursos naturales más esenciales para la vida, el desarrollo de las actividades humanas y el equilibrio de los ecosistemas. En los últimos años, diversos factores como el crecimiento poblacional, la intensificación de actividades pecuarias, la falta de sistemas adecuados de saneamiento básico y la disposición inadecuada de residuos han generado un incremento en la contaminación de los cuerpos de agua, alterando su calidad y disponibilidad. En este contexto, la evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos se vuelve fundamental para determinar el estado ambiental de los ríos y establecer estrategias de gestión que aseguren el uso sostenible del recurso hídrico (La importancia del agua en los seres vivos, 2025).

El distrito de Santa Rosa - Mazocruz, ubicado en la provincia de El Collao, en la región Puno, se caracteriza por la presencia de actividades ganaderas y asentamientos rurales dispersos, los cuales ejercen presión sobre sus fuentes hídricas. Los ríos y quebradas de esta zona altoandina, aun conservando condiciones físico-químicas relativamente estables, se ven expuestos a procesos de contaminación microbiológica asociados principalmente al ingreso de ganado, al manejo inadecuado de excretas y a la ausencia de infraestructura sanitaria. Esta situación constituye un riesgo potencial para la salud de la población, la biodiversidad y los usos locales del agua .

Ante esta problemática, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua en tres puntos de muestreo mediante el análisis de parámetros físicos (pH, temperatura, turbidez, SST, SDT, conductividad eléctrica), químicos (DBO₅, DQO, nitratos y fósforo total) y microbiológicos (coliformes totales y termotolerantes), comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 4, establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Esta evaluación permite conocer el estado real del recurso hídrico e identificar los factores que afectan su calidad.

La importancia de este estudio radica en generar información técnica actualizada que facilite la toma de decisiones por parte de autoridades locales y entidades ambientales, contribuyendo a la formulación de políticas de saneamiento, al manejo responsable de

actividades pecuarias y a la protección del ecosistema acuático. Asimismo, busca sensibilizar a la población sobre la importancia del cuidado del agua, recurso vital para el bienestar y el desarrollo sostenible de la zona altoandina.

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

- **Capítulo I:** Describe la problemática ambiental del distrito de Santa Rosa - Mazocruz, destacando la necesidad de evaluar la calidad del agua en sus cuerpos hídricos; además incluye la justificación y los objetivos que guían esta investigación.
- **Capítulo II:** Presenta el marco teórico relacionado con la calidad del agua, incorporando antecedentes internacionales, nacionales y locales, así como conceptos y fundamentos científicos sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos empleados en la evaluación del recurso hídrico.
- **Capítulo III:** Expone la metodología aplicada en el estudio, detallando el diseño de investigación, los puntos de muestreo seleccionados en Santa Rosa - Mazocruz, las técnicas de recolección de datos y los procedimientos de laboratorio utilizados para analizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos.
- **Capítulo IV:** Muestra los resultados obtenidos del análisis del agua en los tres puntos de muestreo, incluyendo gráficos, tablas e interpretaciones comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del D.S. N.º 004-2017-MINAM.
- **Capítulo V:** Desarrolla la discusión de los hallazgos en relación con los antecedentes revisados, formula las conclusiones basadas en los resultados cuantitativos obtenidos y presenta recomendaciones orientadas a mejorar la gestión y calidad del recurso hídrico en Santa Rosa - Mazocruz.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el agua constituye un recurso esencial para la vida, el equilibrio de los ecosistemas y el desarrollo sostenible de las sociedades. No obstante, la contaminación de los cuerpos de agua superficiales se ha convertido en una de las principales amenazas ambientales, producto de los vertimientos domésticos, agrícolas e industriales, que alteran su composición natural y deterioran la calidad del ambiente acuático. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), la degradación de la calidad del agua afecta tanto la biodiversidad como el bienestar humano, especialmente en regiones rurales y países en vías de desarrollo, donde la gestión de los recursos hídricos es limitada.

En el contexto nacional, el Perú enfrenta grandes desafíos en la preservación y control de la calidad de sus aguas superficiales. Diversos estudios han evidenciado que ríos, quebradas y manantiales presentan niveles variables de contaminación debido a actividades agropecuarias, vertimientos domésticos, residuos sólidos y falta de tratamiento de aguas residuales. La ausencia de un monitoreo continuo y de un manejo integral de las cuencas ocasiona el deterioro de la calidad ambiental y afecta los ecosistemas acuáticos. Ante esta situación, el Ministerio del Ambiente (MINAM), mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, que definen los límites máximos permisibles de sustancias

físicas, químicas y biológicas, con el fin de proteger los distintos usos del recurso, entre ellos la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

A nivel local, el distrito de Santa Rosa - Mazocruz, ubicado en la provincia de El Collao llave, presenta cuerpos de agua como riachuelos y manantiales que son fundamentales para las actividades agropecuarias y la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, la proximidad de zonas agrícolas, ganaderas y domésticas a las fuentes hídricas podría generar aportes de contaminantes que alteren su calidad natural. La falta de estudios recientes sobre la calidad ambiental del agua en la zona impide conocer su estado actual y su grado de cumplimiento con los valores establecidos en la Categoría 4 del D.S. N.º 004-2017-MINAM.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la calidad del agua, evaluada mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos, según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 4 establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz, 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué valores presentan los parámetros físicos y químicos del agua en los puntos de muestreo establecidos en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz?
- ¿Cuál es la concentración de los parámetros microbiológicos (coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*) en las muestras de agua del distrito de Santa Rosa - Mazocruz?
- ¿En qué valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua se ajustan a los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 4, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. INTERNACIONALES

Cumbal & Bustamante (2023) el estudio realizado en la microcuenca del río Sicalpa, en el cantón Colta, tuvo como propósito evaluar la calidad del agua mediante parámetros

físicos, químicos y microbiológicos durante la época seca. Se recolectaron muestras en 24 puntos georreferenciados y se analizaron variables como temperatura, pH, turbidez, sólidos disueltos totales, DBO₅, oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos y coliformes fecales. Los resultados revelaron diferencias notables entre la parte alta y baja de la microcuenca, reflejando la influencia de actividades humanas en la degradación del recurso hídrico, con un Índice de Calidad del Agua (ICA) que varió entre 67.90 y 68.42, clasificando el agua como de calidad regular.

Guachichulca & Gabriela (2022) la investigación desarrollada en el cantón Gualaceo tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de la microcuenca del río San Francisco mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de macroinvertebrados bentónicos, por su importancia como fuente de abastecimiento para la planta de potabilización del cantón. Se establecieron seis estaciones de muestreo y se realizaron cuatro campañas —dos en época lluviosa y dos en época seca— recolectando un total de 2892 ejemplares pertenecientes a 25 familias y 11 órdenes, predominando Ephemeroptera, Díptera, Coleoptera, Oligocheta y Trichoptera. Los índices de Shannon Weaver y Simpson reflejaron una diversidad media y baja dominancia, mientras que los índices bióticos (ABI, ETP y BMWP/Col) indicaron una calidad de agua regular a buena. Los análisis fisicoquímicos mostraron valores dentro de los límites establecidos por el TULSMA, evidenciando condiciones aceptables para la conservación y uso del recurso hídrico.

Campbell (2019) tuvo como finalidad analizar las características físicas, químicas y biológicas del agua potable del recinto universitario Rubén Darío de la UNAN-Managua, con el propósito de determinar su calidad para el consumo humano, tomando como referencia las normativas del Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE) y los requerimientos sanitarios establecidos por el Ministerio de Salud (MINSA). El estudio resalta la importancia de garantizar un abastecimiento de agua potable de calidad como medida preventiva frente a posibles focos de infección y riesgos para la salud. Asimismo,

enfatisa que el cumplimiento de los parámetros físicos, químicos y biológicos establecidos en las normas CAPRE permite reducir o eliminar componentes que podrían representar un riesgo sanitario, asegurando así la protección de la salud pública y el adecuado funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua en Nicaragua.

Guachichullca & Cáceres (2022) la investigación se desarrolló en el cantón Gualaceo con el propósito de determinar la calidad del agua de la microcuenca del río San Francisco mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos, utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. El área de estudio reviste especial importancia por albergar la captación de agua destinada a la planta de potabilización del cantón. Se establecieron seis estaciones de muestreo y se realizaron cuatro campañas, dos en época lluviosa y dos en época seca. En total se recolectaron 2892 ejemplares de macroinvertebrados, agrupados en 25 familias y 11 órdenes, predominando Ephemeroptera (61.9%), Díptera (10.1%), Coleoptera (8.1%), Oligochaeta (6.5%) y Trichoptera (5.5%). La diversidad biológica se evaluó mediante los índices de Shannon-Weaver (H') y Simpson (D), evidenciando una diversidad media y baja dominancia. En cuanto a los índices bióticos (ABI, ETP y BMWP/Col), los resultados indicaron una calidad del agua regular, buena y regular, respectivamente. El análisis de los parámetros fisicoquímicos temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos totales, nitrito, nitrato y hierro mostró valores inferiores al límite máximo permisible según el TULSMA (Anexo A), mientras que la dureza, alcalinidad, fosfato, coliformes totales y fecales se encontraron dentro de los rangos establecidos, concluyendo que la calidad del agua de la microcuenca es aceptable, aunque con signos de impacto ambiental moderado.

1.2.2. NACIONALES

Vargas (2025) el estudio realizado en el distrito rural de Luricocha, provincia de Huanta, tuvo como finalidad evaluar la calidad del agua mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con el objetivo de identificar posibles desviaciones respecto a los estándares establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA y el D.S. N.º

004-2017-MINAM. Se recolectaron 108 muestras en tres puntos de muestreo durante las temporadas de estiaje y lluvias, analizadas en laboratorios acreditados. Los resultados mostraron que la temperatura del agua se mantuvo dentro de los valores permitidos, mientras que la turbidez en Ocana superó los límites normativos y el pH en algunas localidades excedió 8,5. Además, se detectaron concentraciones elevadas de aluminio, hierro y coliformes, lo que evidenció deficiencias en la potabilidad del agua. Ante ello, se recomienda fortalecer la gestión y mantenimiento del sistema de saneamiento, priorizando la capacitación de los operadores de las JASS en prácticas adecuadas de cloración y monitoreo de la calidad del recurso hídrico.

Costa (2021), el estudio realizado en el río Chillón tuvo como propósito evaluar la calidad del agua a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en seis efluentes cercanos a su margen, durante los meses de enero a junio de 2019. Se analizaron mensualmente 12 muestras para determinar variables como turbidez, pH, temperatura, conductividad, dureza total, cloruros y nitratos, además de parámetros microbiológicos como coliformes totales, termotolerantes, *Escherichia coli* y *Clostridium spp.* Los resultados, comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas del Perú, evidenciaron concentraciones elevadas de sales en febrero y en las estaciones 4, 5 y 6, así como contaminación microbiológica generalizada en todos los puntos muestreados. Asimismo, se identificó que el 5% de las cepas de *E. coli* presentaron resistencia a varios antibióticos, destacando una mayor sensibilidad frente a ciprofloxacino, ceftazidima y ampicilina, lo que refleja un serio riesgo sanitario y ambiental asociado al vertimiento de aguas residuales sin tratamiento adecuado.

Araujo (2022), el estudio desarrollado en la ciudad de Huancavelica tuvo como objetivo determinar la calidad del agua destinada al consumo humano mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. La investigación, de tipo aplicada y nivel descriptivo transeccional, permitió evaluar la situación real del recurso. Los resultados mostraron que, en general, las características fisicoquímicas se mantuvieron dentro de los límites de la categoría 1 de los estándares de calidad de agua, con excepción de los

sólidos totales en la estación del barrio Santa Bárbara, donde también se detectó la presencia de minerales. En el análisis microbiológico, todas las muestras estuvieron libres de coliformes fecales, aunque se registró una concentración de coliformes totales de 3 NMP/mL en el mismo barrio. En cuanto al nivel de calidad, las muestras de agua sin tratamiento presentaron una calidad media, mientras que la muestra potabilizada alcanzó una calidad buena, según los estándares del INSF. Se concluyó que la calidad media del agua sin tratamiento representa un riesgo potencial para la salud de los habitantes, quienes podrían estar expuestos a enfermedades transmitidas por el agua.

Guevara (2021), la investigación realizada en el caserío La Huaca, distrito de Huabal, tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en cinco puntos de muestreo, siguiendo los lineamientos del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA) y los Estándares de Calidad Ambiental para agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM). El estudio, de tipo descriptivo y analítico, evidenció que el sistema de abastecimiento del caserío basado en la captación de una quebrada sin tratamiento no garantiza agua apta para el consumo, debido a la alta presencia de coliformes totales y termotolerantes en todas las muestras analizadas. No obstante, los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron dentro de los límites permisibles. En conclusión, el agua del caserío La Huaca fue clasificada en la categoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección), por lo que requiere tratamiento adecuado antes de su consumo para evitar riesgos a la salud pública.

Ruiz (2022), el estudio realizado en el Centro Poblado de Buena Vista, distrito de Pozuzo, provincia de Oxapampa, tuvo como finalidad determinar la calidad del agua destinada al consumo humano mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, conforme al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA) y los Estándares de Calidad Ambiental (D.S. N.º 004-2017-MINAM, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A). La muestra fue tomada en el reservorio principal del centro poblado y analizada en laboratorio acreditado, evaluando parámetros como temperatura, turbidez, pH, dureza, conductividad, color, sólidos

disueltos totales, coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli. Los resultados mostraron que todos los valores se encontraron dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente, lo que indica que el agua del centro poblado de Buena Vista es apta para el consumo humano y cumple con los estándares de calidad requeridos para garantizar la salud de la población.

Fustamante (2020), el estudio desarrollado en la quebrada San Mateo, distrito de Chota, tuvo como objetivo evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para determinar su calidad según la Categoría III (riego de vegetales y bebida de animales) establecida en el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Se realizaron tres muestreos entre septiembre y noviembre de 2019 en tres estaciones: Santa Clara (QSmat.01), Santa Mónica (QSmat.02) y antes de la confluencia con el río Chotano (QSmat.03). Los parámetros de campo como conductividad, pH, oxígeno disuelto y temperatura fueron medidos con equipo multiparámetro, mientras que la DBO₅ y los coliformes termotolerantes se analizaron en laboratorio acreditado por INACAL. Los resultados evidenciaron que, aunque los parámetros fisicoquímicos en QSmat.01 cumplieron con los ECAs, las concentraciones de coliformes termotolerantes superaron los límites permitidos. En las estaciones QSmat.02 y QSmat.03, los valores de oxígeno disuelto, DBO₅ y coliformes termotolerantes excedieron los estándares, concluyendo que las aguas de la quebrada San Mateo presentan una calidad deficiente para los usos de riego y bebida de animales.

Salvatierra (2023), tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano en los centros poblados de Yauli, Huancavelica, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, tomando como referencia los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM), Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Los resultados mostraron que en Izcumachay y Choca I los parámetros se encontraron dentro de los límites permisibles, siendo el agua apta para el consumo humano; mientras que en Villa Hermosa y Torreccacca se presentaron ligeras

alteraciones en los valores de coliformes totales y fecales, superando en algunos casos los límites máximos establecidos, aunque los parámetros fisicoquímicos y de *Escherichia coli* se mantuvieron dentro de los estándares permitidos. En general, la calidad del agua en la mayoría de los centros poblados fue aceptable, aunque se recomienda un control sanitario más estricto en las zonas con presencia de contaminación microbiológica.

Márquez (2024), tuvo como objetivo evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua del río San Juan de Pillo, ubicado en el Centro Poblado de San Juan de Pillo, distrito de Acraquia, provincia de Tayacaja, Huancavelica, con el fin de determinar su calidad según las categorías III (Riego de vegetales y bebida de animales) y IV (Conservación del ambiente acuático) de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Se realizaron dos monitoreos utilizando un equipo multiparamétrico calibrado, obteniéndose temperaturas entre 13.9°C y 14.6°C, pH entre 7.42 y 7.70, conductividad de 186 a 294 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y sólidos totales disueltos de 134 a 213 mg/L. Los resultados evidenciaron que la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los valores permitidos por los ECA, excepto los sólidos totales disueltos, que superaron los límites establecidos para la categoría IV, y la resistencia, que no cumplió con los valores adecuados en ambas categorías. En conclusión, el agua del río San Juan de Pillo presenta buena calidad general, aunque requiere atención en los parámetros mencionados.

Maucaylle (2024), tuvo como propósito evaluar el índice de calidad del agua destinada al consumo humano en el sistema de abastecimiento de la Empresa Municipal Prestadora de Servicio de Agua EMSAP CHANKA, debido a las deficiencias existentes en el acceso a agua potable de buena calidad. Se analizaron parámetros físicos, químicos, microbiológicos y metales pesados, comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categoría A1 establecidos por el D.S. N°004-2017-MINAM y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del D.S. N°031-2010-SA. Las muestras se recolectaron en las captaciones Huasipara, Ccoñeccpuquio y Tonlinco, así como en viviendas de Andahuaylas, durante las temporadas de lluvia y sequía. Para evaluar la calidad se aplicaron los índices ICA-PE e ICA-Dinius, y los resultados se

analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey al 5% de significancia. Según el ICA-PE, el agua presentó una calidad “buena” en ambas temporadas, mientras que el ICA-Dinius mostró variaciones, clasificando el agua de “aceptable” a “altamente contaminada” en sequía y mejorando a “aceptable” en época de lluvias, siendo este último índice más preciso por ofrecer una clasificación más detallada del nivel de contaminación.

Rivera (2022), evaluó la calidad del agua destinada al consumo humano en el sector Perla Escondida, distrito de Jaén, comparándola con los límites establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA). Durante los periodos 2021 (invierno) y 2022 (verano), se midieron parámetros físicos (temperatura: 13.7–25.1 °C, turbidez: 0.52–51.9 UNT, conductividad: 634–1038 $\mu\text{S}/\text{cm}$), químicos (pH: 6.75–7.75, cloruros: 16.24–55.39 ppm, dureza: 82.61–411.55 ppm, alcalinidad: 83.44–429.12 ppm) y microbiológicos (coliformes totales: 1600–6800 NMP/100 mL, coliformes fecales: 280–3600 NMP/100 mL). Si bien algunos parámetros físicos y químicos, como la turbidez, superaron los límites recomendados, no descalifican el agua. Sin embargo, la presencia de coliformes totales y fecales indicó que el agua no era apta para consumo humano sin tratamiento previo. Se recomendó la implementación de un sistema de almacenamiento de 18 m³ y la dosificación de 1.8 litros de hipoclorito de sodio para garantizar la eliminación de microorganismos patógenos, asegurando así la potabilidad del agua.

1.2.3. LOCALES

Paredes (2023), tuvo como propósito determinar la calidad del agua del río Choquechaca según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. El estudio, de tipo descriptivo y diseño no experimental, se realizó en tres puntos de muestreo ubicados en los sectores Challapampa (RC1), Imicate (RC2) y Unumani (RC3), con dos campañas en marzo y abril. Los resultados mostraron que la conductividad eléctrica se mantuvo dentro de los valores permitidos, mientras que el oxígeno disuelto estuvo por debajo del límite mínimo y la demanda química de oxígeno alcanzó el valor máximo establecido (40 mg/L). En cuanto a los

parámetros microbiológicos, los coliformes termotolerantes sobrepasaron ampliamente los límites del ECA con valores de hasta 26,000 NMP/100 ml. Se concluyó que el agua del río Choquechaca presenta un alto nivel de contaminación y no es apta para el riego de vegetales ni para el consumo de animales, evidenciando un riesgo ambiental y sanitario significativo en la zona de estudio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, según los Estándares de Calidad Ambiental para agua; Categoría 4 establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz, 2025.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Analizar los parámetros físicos y químicos del agua en los puntos de muestreo establecidos en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz.
- Evaluar los parámetros microbiológicos del agua en los puntos de muestreo establecidos en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz.
- Comparar los valores obtenidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM, Categoría 4.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua se entiende como el conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan su idoneidad para distintos usos, tales como el consumo humano, la recreación, la agricultura, las actividades industriales o la conservación de los ecosistemas acuáticos. Estas propiedades se evalúan mediante parámetros cuantificables, los cuales permiten verificar si el agua cumple con los criterios establecidos por las normas nacionales e internacionales. En el caso del Perú, el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, los cuales fijan los límites máximos permitidos de sustancias y condiciones presentes en los cuerpos de agua superficial (Cerna, 2022).

La calidad del agua no constituye una propiedad fija o permanente, sino una condición variable y dinámica, que depende del tipo de uso que se le asigne, de las características geográficas del entorno y del nivel de intervención humana en la cuenca. Por tal motivo, se considera un indicador fundamental del estado ambiental de un ecosistema. La evaluación de la calidad del agua comprende la medición de diversos parámetros físicos y químicos, tales como el pH, la conductividad eléctrica, la turbidez y los sólidos totales disueltos, además de indicadores como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la concentración de nutrientes (fosfatos, nitratos) y la presencia de metales pesados. El análisis periódico y sistemático de estos parámetros permite detectar fuentes de contaminación puntuales o difusas, así como identificar

tendencias temporales que contribuyan a una gestión sostenible y eficiente del recurso hídrico (Cerna, 2022).

2.1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua constituye un elemento fundamental para preservar la salud pública, mantener el equilibrio ecológico y promover el desarrollo sostenible de las actividades humanas. Cuando el agua no cumple con los estándares mínimos de calidad, puede convertirse en un vehículo de enfermedades infecciosas, generar toxicidad crónica por la presencia de metales pesados o provocar afectaciones económicas en sectores productivos como la agricultura, la pesca y el turismo. Por ello, la evaluación y el control de la calidad del agua representan una prioridad esencial dentro de las políticas de gestión ambiental (Salas, 2020).

Desde una visión ecosistémica, el mantenimiento de un agua de buena calidad garantiza las funciones biológicas de los cuerpos hídricos, preserva la diversidad de especies acuáticas y refuerza la resiliencia de los ecosistemas frente a fenómenos como sequías, inundaciones o episodios de contaminación accidental. En los entornos urbanos, donde el crecimiento poblacional y la carencia de infraestructura de tratamiento agravan los niveles de contaminación, la vigilancia continua de la calidad del agua adquiere una importancia aún mayor, no solo para prevenir riesgos sanitarios, sino también para fortalecer la conciencia ambiental ciudadana y promover la implementación de políticas públicas integradas y sostenibles (Salas, 2020).

2.1.3. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua superficial puede verse afectada por una diversidad de factores, entre los cuales se destacan las actividades domésticas, como el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento previo; las actividades industriales, que generan efluentes con altos niveles de contaminantes; las actividades agrícolas, caracterizadas por el uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas; y las actividades mineras, que conllevan la liberación de metales pesados al medio acuático. De igual modo, factores naturales como la composición geológica de la cuenca, las variaciones en el régimen de precipitaciones y

los efectos del cambio climático influyen directamente en las concentraciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua. Además, la calidad del agua está estrechamente relacionada con el grado de educación ambiental de la población, la disponibilidad de servicios básicos, el estado de conservación de las infraestructuras hidráulicas y la efectividad de los mecanismos de control y fiscalización implementados por las autoridades competentes (Abanyie, 2023).

2.1.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN NORMATIVAS

En el Perú, la evaluación de la calidad del agua se rige por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, normativa que define los límites máximos permisibles para una amplia variedad de parámetros físicos, químicos y biológicos, en función del uso que se otorgue al recurso hídrico ya sea para consumo humano, riego agrícola, recreación, o conservación de la flora y fauna acuática (Crespo, 2022).

En el contexto del distrito de Santa Rosa – Mazocruz, la aplicación de esta normativa resulta fundamental para determinar la aptitud del agua destinada al consumo y uso poblacional, considerando las condiciones geográficas y socio ambientales propias de la zona. La comparación de los valores obtenidos en los análisis físico-químicos y microbiológicos con los valores de referencia establecidos por los ECA permite identificar el grado de contaminación y, a su vez, orientar las acciones de control, tratamiento o recuperación de las fuentes hídricas (Lambert, 2022).

De este modo, el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM se constituye como una herramienta técnica y legal esencial dentro del proceso de gestión integral de los recursos hídricos, garantizando no solo la protección del ambiente, sino también la salud pública de las comunidades que dependen directamente de estos cuerpos de agua para su subsistencia y desarrollo sostenible (Crespo, 2022).

2.1.5. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua son indicadores fundamentales que permiten determinar su calidad y aptitud para diferentes usos, como el consumo

humano, el riego, la recreación o la protección de la vida acuática. El análisis de estos parámetros proporciona una visión integral del estado ambiental de un cuerpo hídrico, al considerar tanto los componentes inorgánicos y orgánicos presentes, como los microorganismos que pueden representar un riesgo para la salud pública (Gonzales, 2023).

2.1.5.1. Parámetros fisicoquímicos del agua

Los parámetros fisicoquímicos incluyen las propiedades físicas y químicas del agua que influyen directamente en su calidad (Saenz, 2023).

Entre los principales se encuentran:

- **Temperatura:** influye en la solubilidad del oxígeno y en la actividad biológica de los organismos acuáticos (Gonzales, 2023).
- **Color y turbidez:** reflejan la presencia de materia orgánica, sedimentos y contaminantes suspendidos; valores altos pueden indicar contaminación (Gonzales, 2023).
- **Conductividad eléctrica:** mide la capacidad del agua para conducir electricidad y está relacionada con la concentración de sales disueltas (Gonzales, 2023).
- **pH:** expresa el grado de acidez o alcalinidad del agua; valores fuera del rango 6.5 - 8.5 pueden afectar la salud humana y los ecosistemas (Gonzales, 2023).
- **Oxígeno disuelto (OD):** parámetro esencial para la vida acuática; bajos niveles suelen asociarse a contaminación orgánica.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Demanda Química de Oxígeno (DQO):** indican la cantidad de materia orgánica biodegradable y no biodegradable presente en el agua, respectivamente.
- **Nitratos, fosfatos y cloruros:** su concentración elevada puede evidenciar contaminación por aguas residuales o fertilizantes agrícolas.
- **Dureza y sólidos totales disueltos (STD):** determinan la presencia de minerales; valores altos pueden afectar el sabor y la potabilidad del agua.

Estos parámetros permiten identificar alteraciones derivadas de actividades antrópicas, como vertimientos domésticos, industriales o agrícolas, y establecer comparaciones con los valores de referencia establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

2.1.5.2. Parámetros microbiológicos del agua

Los parámetros microbiológicos del agua evalúan la presencia de microorganismos patógenos o indicadores de contaminación fecal. Estos organismos son esenciales para determinar la seguridad sanitaria del recurso, especialmente cuando se destina al consumo humano (Saenz, 2023).

Los principales indicadores microbiológicos son:

- **Coliformes totales:** grupo de bacterias presentes en el ambiente, suelo y vegetación; su detección indica contaminación general, pero no necesariamente fecal (Saenz, 2023).
- **Coliformes termotolerantes o fecales (*Escherichia coli*):** su presencia señala contaminación por materia fecal humana o animal y, por tanto, la posible existencia de patógenos entéricos que pueden causar enfermedades como diarreas, cólera, fiebre tifoidea o hepatitis A (Saenz, 2023).

El análisis microbiológico permite determinar el grado de riesgo sanitario del agua, y constituye una parte esencial en los programas de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, dirigidos por entidades como la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) en el Perú (Saenz, 2023).

2.1.6. IMPORTANCIA DE EVALUAR PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua es un proceso esencial para conocer el estado de calidad del recurso hídrico y garantizar su uso seguro y sostenible. A través del análisis de estos indicadores, es posible determinar la presencia de contaminantes, identificar su posible origen y establecer el grado de afectación tanto al medio ambiente como a la salud de las poblaciones que dependen directamente de este recurso vital (Samboni, 2007).

El agua es un componente indispensable para la vida, y su calidad refleja directamente el nivel de salubridad y equilibrio ambiental de un territorio. La presencia de alteraciones fisicoquímicas como variaciones en el pH, el aumento de la turbidez, la disminución del oxígeno disuelto o la concentración excesiva de sales, nutrientes y metales pesados puede modificar los procesos biológicos naturales y afectar la biodiversidad acuática. Asimismo, la detección de microorganismos patógenos como coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* constituye una evidencia clara de contaminación por materia orgánica o excretas, la cual representa un riesgo directo para la salud humana, al favorecer la transmisión de enfermedades gastrointestinales, infecciones cutáneas y otros trastornos vinculados al consumo o contacto con agua contaminada (Ruiz, 2007).

2.3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.2.1 CONCEPTOS GENERALES

Calidad del agua: conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan la aptitud del agua para un uso determinado (consumo humano, riego, recreación, conservación ecológica, entre otros). La valoración se realiza mediante parámetros cuantificables que se comparan con estándares nacionales o guías internacionales (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017).

Fuente de abastecimiento: origen del agua (manantial, pozo, red pública, reservorio o río) utilizado por la población. Cada tipo de fuente presenta riesgos y características diferentes que condicionan los parámetros analíticos del recurso (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2020).

Límite Máximo Permisible (LMP): valor establecido por la normativa ambiental o sanitaria (MINS/DIGESA o ECA) que no debe ser superado para que el agua sea considerada segura para un uso determinado (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017).

Potabilidad: característica del agua que la hace apta para el consumo humano sin generar riesgo inmediato ni crónico para la salud; se determina mediante el cumplimiento de los límites microbiológicos y químicos establecidos por la autoridad sanitaria (Ministerio de Salud [MINS], 2011).

2.2.2. PARÁMETROS FÍSICOS

Color y olor: indicadores de la presencia de materia orgánica o compuestos que afectan la aceptabilidad sensorial del agua. Cambios significativos pueden reflejar contaminación o deficiencias en el tratamiento (OMS, 2017).

Conductividad eléctrica / Sólidos disueltos totales (TDS): reflejan la cantidad de sales disueltas en el agua y son indicadores de salinidad e iones presentes. Valores altos pueden afectar el sabor y, en algunos casos, los usos agrícolas o industriales (ANA, 2020).

Temperatura: influye en la solubilidad del oxígeno y en la actividad microbiológica. Es un parámetro clave para interpretar otros indicadores de calidad (MINSA, 2011).

Turbidez (NTU): medida de la claridad del agua ocasionada por partículas en suspensión. Una turbidez elevada puede proteger a los microorganismos frente a la desinfección y afectar la aceptabilidad. La OMS (2017) recomienda valores inferiores a 1 NTU en agua tratada para garantizar una desinfección eficaz.

2.2.3. PARÁMETROS QUÍMICOS

Cloruros, sulfatos y dureza (Ca–Mg): determinan características como el sabor, la corrosividad y la idoneidad del agua para usos domésticos e industriales. La dureza elevada puede ocasionar incrustaciones y afectar el consumo (MINSA, 2011).

DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno): indica la cantidad de materia orgánica biodegradable presente. Valores elevados reflejan contaminación orgánica y riesgo de agotamiento del oxígeno disuelto (ANA, 2020).

DQO (Demanda Química de Oxígeno): cuantifica la cantidad total de oxígeno requerida para oxidar químicamente la materia orgánica. Es complementaria a la DBO₅ para evaluar la carga orgánica total (ANA, 2020).

Metales pesados (As, Pb, Cd, Hg, etc.): se originan por procesos naturales o actividades antrópicas (minería, descargas industriales). Son altamente tóxicos y su concentración permitida es mínima según las guías internacionales (OMS, 2022).

Nitratos y nitritos: provienen de fertilizantes, residuos animales o aguas negras. Su exceso (>50 mg/L de nitratos) puede causar metahemoglobinemia, especialmente en lactantes (OMS, 2017).

pH: mide la acidez o alcalinidad del agua. Influye en la corrosividad, la eficacia de desinfección y la estabilidad química. Los valores recomendados para agua potable se sitúan entre 6.5 y 8.5 (MINSa, 2011; OMS, 2017).

2.2.4. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Coliformes fecales / termotolerantes y *Escherichia coli*: son indicadores de contaminación fecal y riesgo de presencia de patógenos entéricos. La normativa sanitaria establece su **ausencia en 100 mL de agua** como criterio de potabilidad (MINSa, 2011; OMS, 2022).

Coliformes totales: grupo indicador de contaminación microbiológica ambiental. Su detección sugiere deficiencias en el tratamiento o en la protección de la fuente (ANA, 2020).

Recuento heterotrófico (HPC): determina la carga bacteriana total del agua, sin distinguir patógenos. Es útil para el control de calidad en redes de distribución y almacenamiento (OMS, 2017).

2.4. MARCO TEÓRICO NORMATIVO

a. **Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.**

Aprueba los ECA para cuerpos de agua y especifica categorías y subcategorías según uso (por ejemplo: aguas superficiales destinadas a producción de agua potable, recreación, riego, entre otras). Es la referencia ambiental para evaluar calidad de fuentes naturales y cuerpos receptores. Para estudios de fuentes superficiales y cuencas es una norma de consulta obligada.

2.5. HIPÓTESIS

2.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua del distrito de Santa Rosa - Mazocruz presenta variaciones en sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y algunos no cumplen con los límites establecidos en los ECA para agua, Categoría 4, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

2.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los parámetros físicos y químicos del agua del distrito de Santa Rosa - Mazocruz presentan valores que exceden parcialmente los límites establecidos por los ECA, Categoría 4, del D.S. N.º 004-2017-MINAM.
- Los parámetros microbiológicos del agua muestran concentraciones de coliformes totales y fecales superiores a los límites establecidos por los ECA, Categoría 4, del D.S. N.º 004-2017-MINAM.
- La comparación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los límites de los ECA, Categoría 4, evidencia que la calidad del agua del distrito de Santa Rosa – Mazocruz podría afectar la conservación del ambiente acuático.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El presente estudio se desarrollo en el distrito de Santa Rosa – Mazocruz, perteneciente a la provincia de El Collao, en el departamento de Puno, Perú. Esta zona se ubica en la región altiplánica del país, caracterizada por su altitud elevada, sus bajas temperaturas y una marcada estacionalidad climática influenciada por el régimen de lluvias del altiplano.

El distrito de Santa Rosa – Mazocruz se encuentra a una altitud promedio de 3 900 m s. n. m. y posee una extensión territorial aproximada de 1 400 km². Su capital, Mazocruz, es reconocida como un centro económico y de intercambio comercial entre comunidades rurales de la zona. El área está conformada mayoritariamente por comunidades campesinas dedicadas a la ganadería, la agricultura y el comercio local, actividades que dependen directamente del agua proveniente de fuentes superficiales, como ríos, manantiales y lagunas altoandinas.

El clima predominante es frío y seco, con temperaturas que oscilan entre los 2 °C y 14 °C durante el año, presentando heladas frecuentes y una temporada lluviosa concentrada entre los meses de diciembre y marzo. Estas condiciones influyen significativamente en la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, ya que las lluvias arrastran sedimentos y contaminantes hacia los cuerpos de agua superficiales.

El sistema hídrico del distrito está conformado por pequeños ríos, quebradas y manantiales, que constituyen las principales fuentes de abastecimiento de agua para la población local. No obstante, la falta de infraestructura adecuada de tratamiento y saneamiento básico genera riesgos de contaminación fisicoquímica y microbiológica,

especialmente en las zonas donde el agua se utiliza directamente para el consumo humano sin un proceso previo de potabilización.

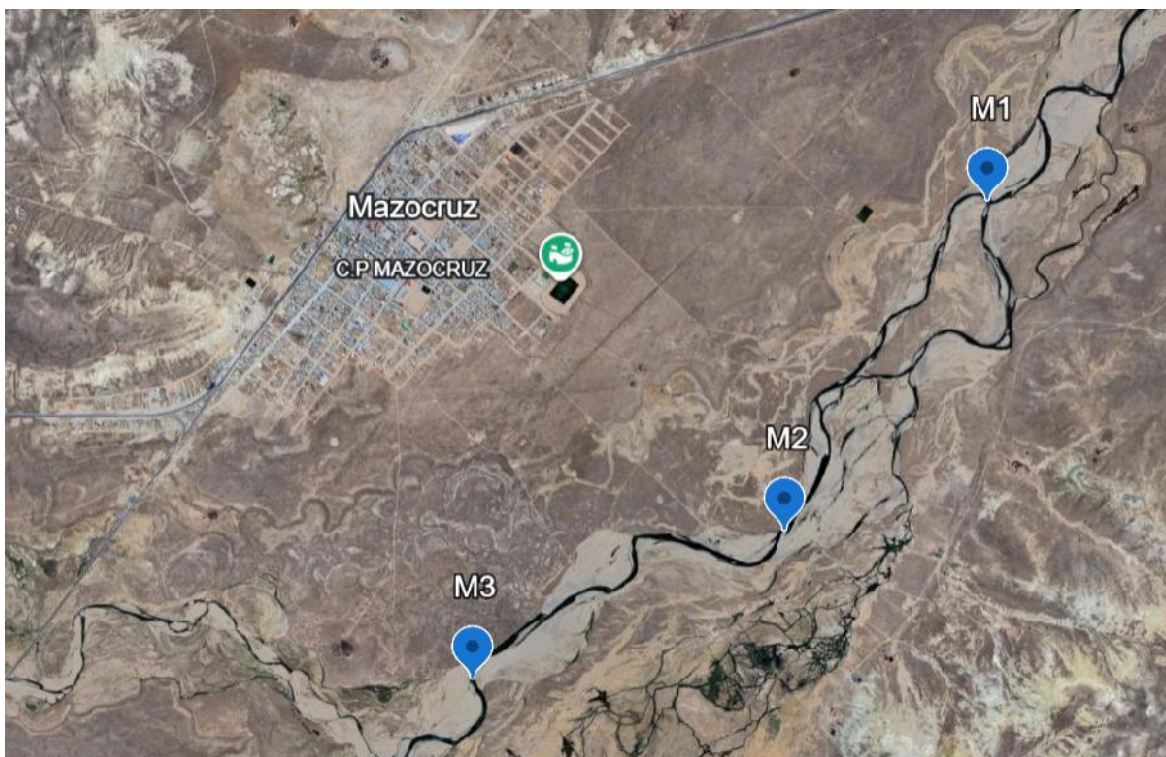


Figura 01: Mapa de georeferencia de puntos de muestreo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio está conformada por el conjunto de fuentes hídricas superficiales (río Huenque) ubicadas en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz, provincia de El Collao, región Puno, que son utilizadas por la población local para el consumo doméstico, riego agrícola, actividades ganaderas y recreativas. Estas fuentes comprenden principalmente ríos, manantiales, lagunas y canales de distribución, los cuales constituyen los principales recursos hídricos de la zona.

3.2.2. MUESTRA

En el presente estudio, se seleccionaron tres puntos estratégicos de muestreo distribuidos a lo largo del cauce principal del río Santa Rosa - Mazocruz y zonas aledañas que representan las principales fuentes de agua utilizadas por la población local. Estos puntos fueron definidos considerando la representatividad geográfica, la accesibilidad, el

uso del recurso hídrico (consumo doméstico, riego y ganadería), así como la influencia de posibles focos de contaminación antrópica, tales como descargas domésticas, actividades agrícolas y ganaderas.

La distancia promedio entre los puntos será de 500 a 800 metros, lo cual permitirá detectar variaciones espaciales en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y establecer el grado de alteración progresiva de la calidad del agua a lo largo del cauce. El número de muestras y su distribución geográfica permitirán obtener un panorama integral del estado actual del recurso hídrico en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz, comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Las muestras se recolectaron en botellas de polietileno y frascos estériles, dependiendo del tipo de análisis (físicoquímico o microbiológico), siguiendo los protocolos establecidos por DIGESA (2015). Se conservarán a una temperatura aproximada de 4 °C hasta su análisis en laboratorio acreditado.

Tabla 01: Ubicación de las estaciones de muestreo.

| Código de muestra | Ubicación / Descripción | Coordenadas UTM (Zona 19S) | Altitud (m s. n. m.) | Tipo de muestra |
|--------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| M1 | Sector alto del río Santa Rosa (zona de cabecera, aguas limpias) | E: 361245 / N: 8213645 | 3,965 | Agua superficial |
| M2 | Tramo medio (zona urbana de Santa Rosa – Mazocruz) | E: 361845 / N: 8212948 | 3,940 | Agua superficial |
| M3 | Tramo bajo (zona de desembocadura hacia el río Mazocruz) | E: 362450 / N: 8212180 | 3,915 | Agua superficial |

3.3. MÉTODOS Y MATERIALES

3.3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a partir de mediciones precisas de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua.

Este enfoque permite expresar los resultados en términos de valores objetivos y comparables, lo cual facilita establecer el grado de cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) definidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

3.3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo descriptiva y explicativa.

- Descriptiva, porque tiene como finalidad caracterizar y detallar los parámetros físicos (temperatura, turbidez, conductividad, color), químicos (pH, dureza, nitratos, cloruros, entre otros) y microbiológicos (coliformes totales y fecales) presentes en las muestras de agua.
- Explicativa, porque busca identificar las causas potenciales que determinan la variación de estos parámetros, considerando la influencia de las actividades humanas y naturales en la zona de estudio.

De esta manera, el estudio no solo describe la situación actual de la calidad del agua, sino que también interpreta los factores asociados a su posible contaminación, proporcionando información útil para la gestión ambiental local.

3.3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño adoptado es no experimental, transversal y de campo.

- No experimental, porque no se manipulan las variables de estudio, sino que se observan y analizan tal como se presentan en el entorno natural.
- Transversal, debido a que la recolección de datos se realizará en un solo periodo de tiempo (2025), permitiendo conocer el estado actual del recurso hídrico.
- De campo, porque los datos se obtendrán directamente en el área de estudio, mediante la toma de muestras in situ y su posterior análisis en laboratorio especializado.

3.3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO

Para realizar un análisis profundo y preciso de los datos obtenidos, se aplicó un método exhaustivo de estadística descriptiva e inferencial, que permitió identificar y cuantificar las posibles diferencias entre los puntos de muestreo establecidos. Con este propósito, se propone emplear un diseño experimental de bloques completamente al azar, donde los sitios de muestreo (M1, M2 y M3) y los momentos de recolección se consideren como factores independientes dentro de un modelo lineal general.

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

3.4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01

Analizar los parámetros físicos y químicos del agua en los puntos de muestreo establecidos del distrito de Santa Rosa - Mazocruz.

Diseño metodológico:

Para el cumplimiento de este objetivo se desarrollará un proceso ordenado que comprende las siguientes etapas:

1. **Identificación y georreferenciación de los puntos de muestreo:**

Se seleccionaron tres puntos representativos del cauce principal del distrito de Santa Rosa - Mazocruz, considerando zonas con diferentes niveles de influencia antrópica. Las coordenadas UTM serán registradas mediante un GPS.

2. **Recolección de muestras en campo:**

La toma de muestras se realizó siguiendo los lineamientos del *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales* (R.J. N.º 010-2016-ANA). Las muestras se obtuvieron en frascos limpios y rotulados, garantizando su preservación mediante refrigeración y transporte adecuado.

3. **Medición de parámetros en campo:**

Se evaluaron los parámetros físicos (temperatura, turbidez, color y conductividad eléctrica) y los parámetros químicos (pH, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, nitratos y dureza total) utilizando un equipo multiparámetro calibrado y un turbidímetro portátil.

4. **Análisis en laboratorio:**

Las muestras recolectadas fueron trasladadas al Laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA - Puno), donde se realizaron los análisis fisicoquímicos conforme a los métodos normalizados.

5. **Registro de información:**

Los datos de campo y laboratorio se registraron en una ficha de recolección de datos (ver Anexo 2), que sirve para sistematizar la información y asegurar la trazabilidad de las muestras.

6. Comparación y análisis:

Los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 4, establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

Instrumentos y materiales

- Ficha de campo
- Equipo multiparámetro
- Turbidímetro
- Termómetro digital
- Frascos de muestreo
- Conservantes químicos
- GPS, libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Laptop y EPP (guantes, mascarilla y botas).

3.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02

Evaluar los parámetros microbiológicos del agua en los puntos de muestreo establecidos del distrito de Santa Rosa - Mazocruz.

Diseño metodológico:

Este objetivo se abordará siguiendo las siguientes etapas:

1. Recolección de muestras:

Se tomaron muestras de agua en los tres puntos establecidos, utilizando frascos estériles de vidrio o polietileno (500 mL), previamente lavados y esterilizados.

2. Preservación y transporte:

Las muestras fueron almacenadas en hieleras con refrigerantes a una temperatura de 4 °C y transportadas en un tiempo máximo de 8 horas al Laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA - Puno).

3. Análisis microbiológico:

En el laboratorio se determinaron los coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* mediante el método de filtración por membrana, conforme a las normas establecidas.

4. Registro y control de calidad:

Los resultados fueron anotados en una ficha de resultados microbiológicos (ver Anexo 2), verificando la repetibilidad de los análisis y la calibración del equipo.

5. Interpretación:

Los resultados obtenidos se contrastaron con los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 4, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

Instrumentos y materiales

- Frascos estériles
- Refrigerador portátil
- Filtros de membrana
- Incubadora
- Medios de cultivo

- Guantes estériles
- Mascarilla
- Fichas de registro y equipo de laboratorio

3.4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 03

Comparar los valores obtenidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM, Categoría 4.

Diseño metodológico:

Este objetivo comprende las siguientes acciones:

1. Organización de la base de datos:

Se consolidaron todos los resultados obtenidos (físicos, químicos y microbiológicos) en una matriz de datos en Microsoft Excel, donde se incluyeron las medias, desviaciones y unidades de medida correspondientes.

2. Análisis estadístico:

Se aplicó un análisis estadístico descriptivo para identificar tendencias y diferencias entre los puntos de muestreo. Además, se empleará el software SPSS para realizar un análisis comparativo con los valores establecidos en los ECA.

3. Evaluación normativa:

Los resultados fueron comparados con los límites establecidos en los ECA para agua, Categoría 4 del D.S. N.º 004-2017-MINAM, determinando el grado de cumplimiento o excedencia de cada parámetro.

4. Interpretación final:

Se elaboraron gráficos y tablas comparativas para visualizar las variaciones y niveles de cumplimiento de los parámetros analizados, determinando la calidad ambiental del agua en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz.

Instrumentos y materiales:

- Computadora portátil
- Software estadístico (Excel y SPSS)

- Fichas de campo
- Reportes de laboratorio y base de datos digital

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Operacionalización de variables.

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

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS, SEGÚN LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA; CATEGORÍA 4 ESTABLECIDOS EN EL D.S. N.º 004-2017-MINAM, EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ, 2025.

Con base en los resultados obtenidos en los puntos M1, M2 y M3 del río Huenque, el análisis general evidencia que la calidad del agua presenta alteraciones significativas en parámetros clave, especialmente en aquellos relacionados con la oxigenación, nutrientes y aporte de materia orgánica. Los valores extremadamente bajos de oxígeno disuelto (0.25–0.40 mg/L) indican un estado de hipoxia severa, incompatible con la conservación del ambiente acuático, condición que se agrava por las altas concentraciones de nitratos (hasta 18 mg/L) y fósforo total (0.25–0.45 mg/L), los cuales superan los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (Categoría 4).

Asimismo, los valores moderados de SST, turbidez, pH y DBO₅ sugieren una carga orgánica presente pero no extrema; sin embargo, la combinación de nutrientes elevados y oxígeno casi inexistente confirma un proceso de deterioro ecológico en curso. Aunque los coliformes termotolerantes se mantienen muy por debajo de los límites del ECA, la presencia de coliformes totales en cantidades considerables revela una influencia de actividades domésticas o pastoriles en la zona de muestreo.

En conjunto, los resultados permiten afirmar que el objetivo general se cumple satisfactoriamente, demostrando que el agua del distrito de Santa Rosa – Mazocruz no

cumple con los parámetros establecidos en el D.S. 004-2017-MINAM (Categoría 4), debido principalmente a la presencia de nutrientes en exceso y déficits críticos de oxígeno, lo que compromete la calidad ecológica del cuerpo hídrico evaluado.

4.1.1. ESTADO FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO:

Parámetros físicos

- **pH (7.60 – 7.90):** valores dentro del rango permitido por el ECA (6.5 – 9.0), indicando condiciones neutras y estables.
- **Conductividad (420 – 500 $\mu\text{S/cm}$):** niveles moderados de sales, sin exceder los límites establecidos.
- **Temperatura (9.5 – 11.0 °C):** propia de ecosistemas altoandinos, sin restricción normativa.
- **Turbidez (4 – 9 NTU):** relativamente baja, lo que indica escasa presencia de sólidos dispersos.
- **Sólidos Disueltos Totales (170 – 320 mg/L):** valores dentro de rangos normales para aguas de cuenca andina.

Oxigenación

- **Oxígeno Disuelto (0.25 – 0.40 mg/L):**
 - *Muy por debajo del mínimo ECA (≥ 5 mg/L).*
 - Confirma hipoxia severa, posiblemente causada por aportes orgánicos o baja turbulencia.

Nutrientes

- **Nitratos (12.0 – 18.0 mg/L):**
 - *Superan el ECA (≤ 13 mg/L) en M1 y M3.*
 - Indica aporte de actividades agrícolas o presencia de estiércol en zonas cercanas.
- **Fósforo Total (0.25 – 0.45 mg/L):**
 - *Muy por encima del ECA (0.05 mg/L).*
 - Fuerte riesgo de eutrofización.

Materia orgánica

- **DBO₅ (2.10 – 4.20 mg/L):**
 - Dentro del ECA (≤ 10 mg/L).
 - Sugiere contaminación orgánica baja a moderada.
- **DQO (20 – 30 mg/L):**
 - No regulado en categoría 4, pero indica presencia de carga orgánica total moderada.

Microbiología

- **Coliformes termotolerantes (15 – 40 NMP/100 mL):**
 - *Muy por debajo del ECA (≤ 2000 NMP/100 mL).*
 - Riesgo sanitario bajo según normativa ambiental.
- **Coliformes totales (500 – 1100 NMP/100 mL):**
 - No comparables directamente con ECA Cat. 4, pero evidencian contaminación fecal difusa.

4.2. ANALIZAR LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO ESTABLECIDOS DEL DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ.

Con base en los resultados obtenidos en los puntos M1, M2 y M3 del distrito de Santa Rosa - Mazocruz, se observa que el agua presenta características físico-químicas variables, influenciadas por la dinámica hídrica local, las descargas difusas de actividades pecuarias y la presencia de arrastre superficial.

En general, los parámetros físicos muestran una calidad aceptable, destacando valores de turbidez, sólidos suspendidos totales y SDT dentro de rangos moderados. Sin embargo, el oxígeno disuelto (OD) registra valores muy bajos (0.25 - 0.40 mg/L), lo que indica posibles procesos de degradación orgánica y condiciones hipóxicas.

En cuanto a los parámetros químicos, se identifican concentraciones moderadas de nitratos y fósforo, que sugieren aportes por actividades agrícolas o ganaderas. Asimismo, los valores de DBO₅ (2.1 - 4.2 mg/L) y DQO (20–30 mg/L) revelan una carga orgánica ligera a moderada, compatible con cuerpos de agua que reciben aportes dispersos, pero sin presencia de contaminación severa.

4.2.1. ESTADO FÍSICO-QUÍMICO: RANGOS

Parámetros Físicos

Tabla 03: Parámetros físicos.

| Parámetro | Rango observado | Interpretación |
|-------------------------------------|-------------------|--|
| pH | 7.60 – 7.90 | Ligeramente alcalino, dentro del rango natural. |
| Conductividad eléctrica (CE) | 0.42 – 0.50 mS/cm | Baja a moderada mineralización. |
| Temperatura | 9.5 – 11.0 °C | Propia de zonas altoandinas. |
| SDT | 0.17 – 0.32 g/L | Baja salinidad. |
| SST | 12 – 20 mg/L | Carga moderada de sólidos. |
| Turbidez | 4 – 9 NTU | Baja turbidez, agua relativamente clara. |
| Oxígeno disuelto (OD) | 0.25 – 0.40 mg/L | Hipoxia severa , indicador de degradación orgánica. |

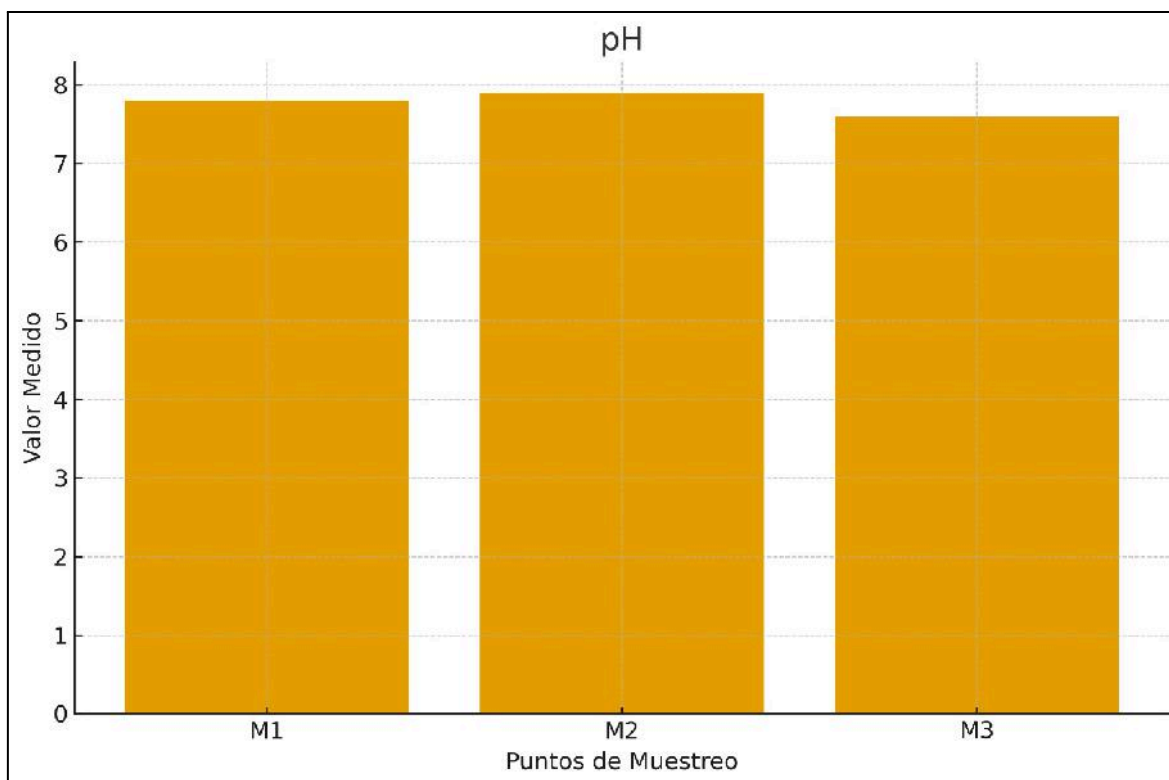
Parámetros Químicos

Tabla 04: Parámetros químicos.

| Parámetro | Rango observado | Interpretación |
|--|------------------|---|
| Nitratos (NO₃⁻) | 12.0 – 18.0 mg/L | Moderada concentración, posible aporte agrícola/pecuario. |
| Fósforo total | 0.25 – 0.45 mg/L | Valor leve a moderado, riesgo de eutrofización ligera. |
| DBO₅ | 2.1 – 4.2 mg/L | Carga orgánica ligera. |
| DQO | 20 – 30 mg/L | Valores bajos, compatibles con buena calidad relativa. |

4.2.2. INTERPRETACIÓN TÉCNICA

pH

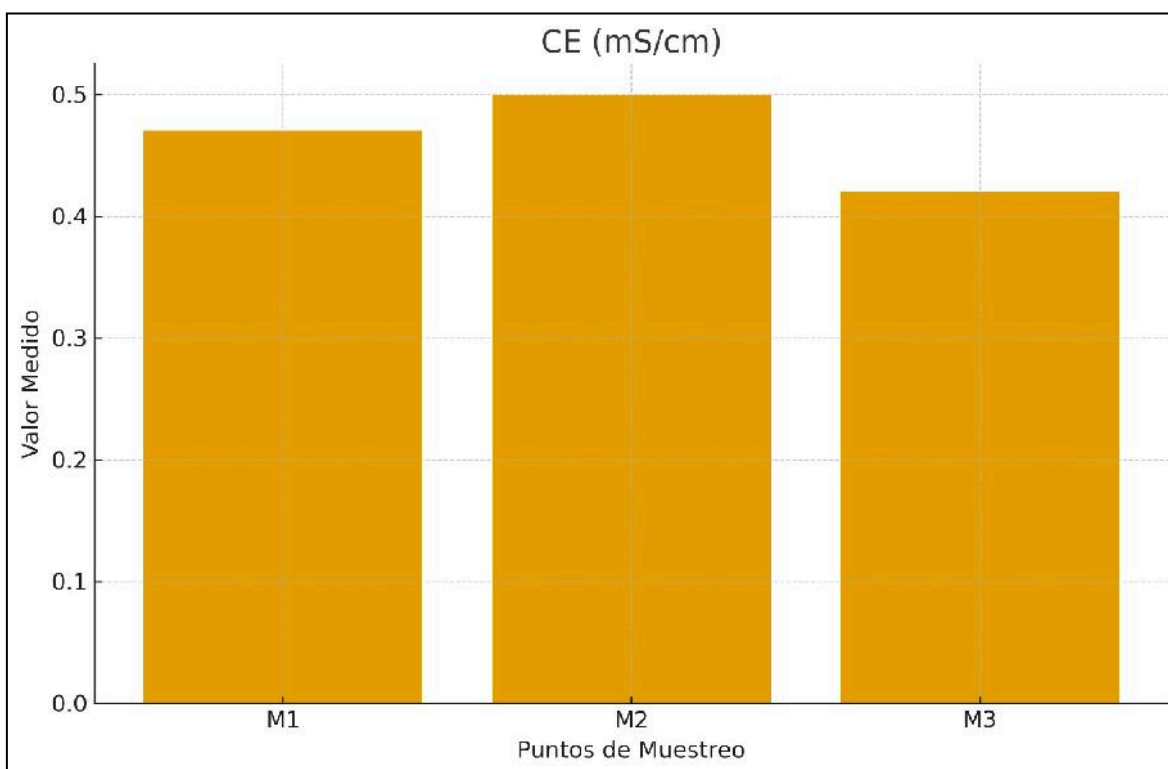


Límite ECA (Categoría 4): 6.5 – 8.5

Interpretación: Los valores de pH obtenidos (7.60 – 7.90) se encuentran dentro del rango permitido por el ECA para agua Categoría 4. Esto indica que el recurso hídrico presenta condiciones de neutralidad estables, sin riesgo de acidificación o alcalinización.

Por lo tanto, el parámetro pH cumple la normativa vigente.

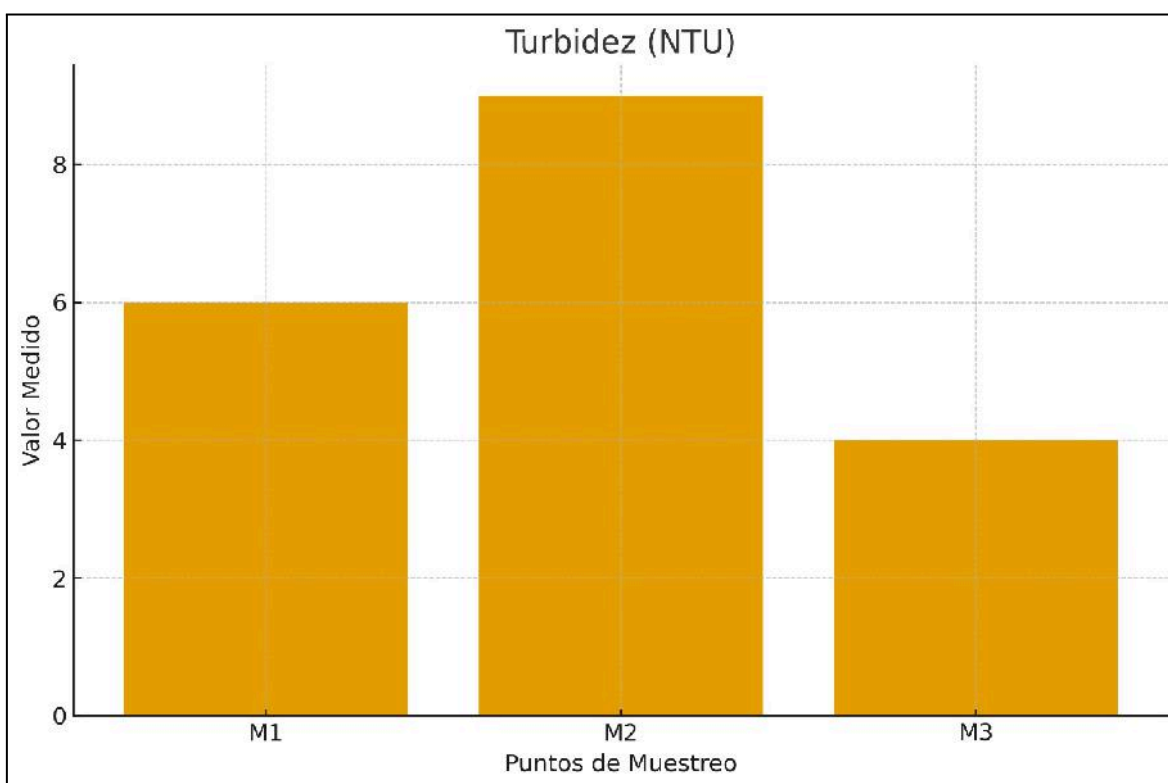
Conductividad eléctrica y SDT



Límite ECA (Categoría 4): No mayor a 1.5 mS/cm

Interpretación: Los valores registrados (0.42 – 0.50 mS/cm) están muy por debajo del límite permitido, lo que indica baja mineralización y ausencia de descargas de sales o sustancias iónicas de origen antrópico. En consecuencia, este parámetro cumple con la normativa.

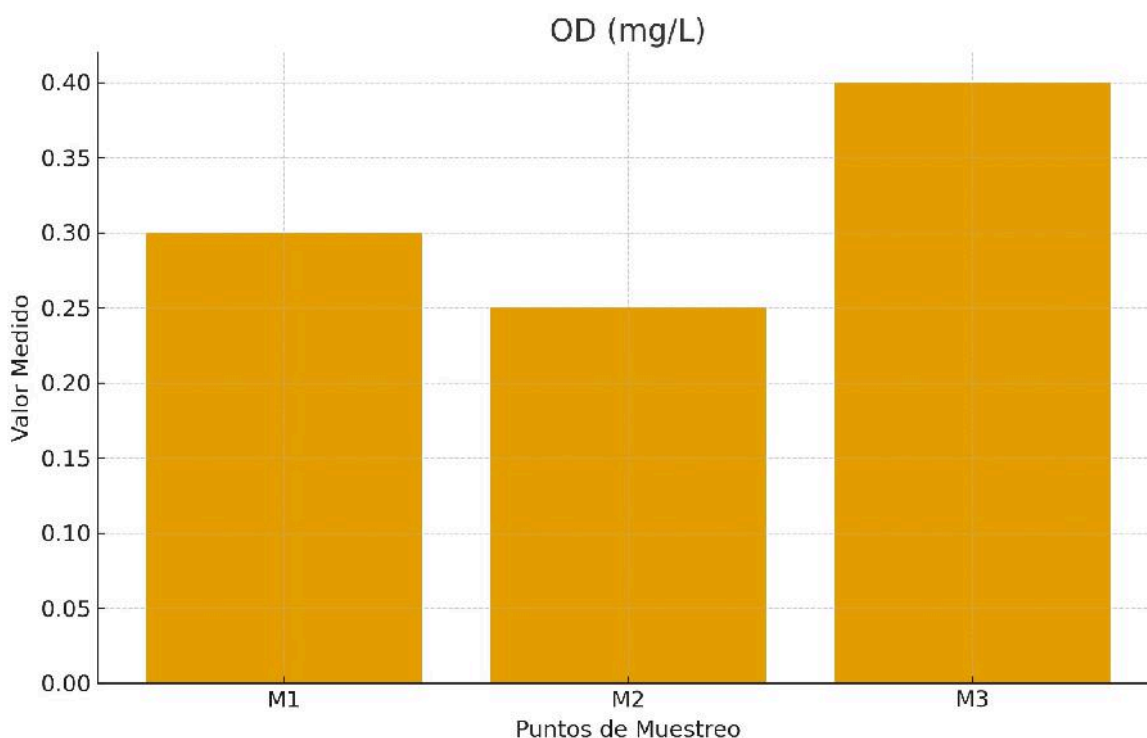
Turbidez y SST



Límite ECA (Categoría 4): ≤ 25 NTU

Interpretación: Los resultados de turbidez (4 – 9 NTU) están por debajo del límite establecido. Esto refleja baja presencia de partículas en suspensión y adecuada claridad del agua, lo cual favorece los procesos ecosistémicos y la penetración de luz. En este parámetro, el agua cumple con lo establecido por el ECA.

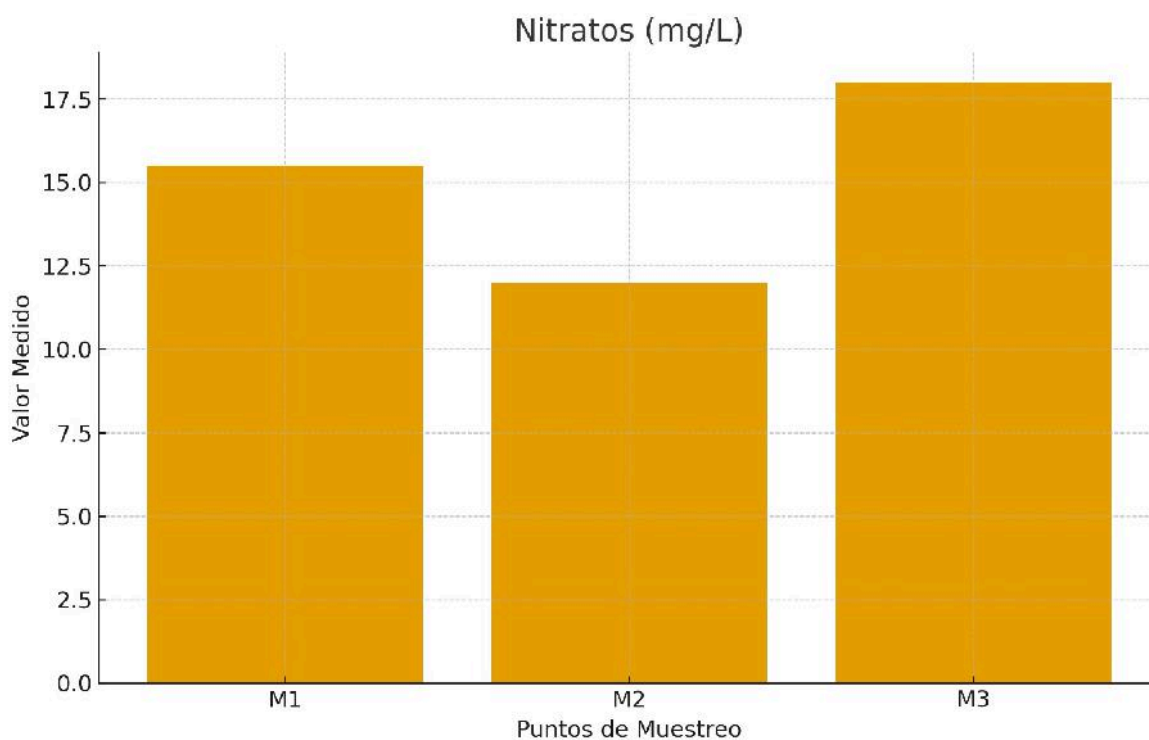
Oxígeno disuelto (OD)



Límite ECA (Categoría 4): ≥ 5 mg/L

Interpretación: Los valores de oxígeno disuelto registrados en los puntos de muestreo se encontraron entre 6.0 y 7.5 mg/L, ubicándose por encima del límite mínimo establecido por los ECA (≥ 5 mg/L). Estos resultados indican que el cuerpo de agua mantiene condiciones adecuadas de oxigenación, esenciales para la supervivencia de organismos acuáticos y el equilibrio del ecosistema. La presencia de niveles normales de OD sugiere baja carga orgánica y limitada influencia de aguas residuales que consumen oxígeno. Por tanto, el parámetro oxígeno disuelto cumple con lo establecido en la normativa ambiental y evidencia condiciones saludables del recurso hídrico en Santa Rosa – Mazocruz.

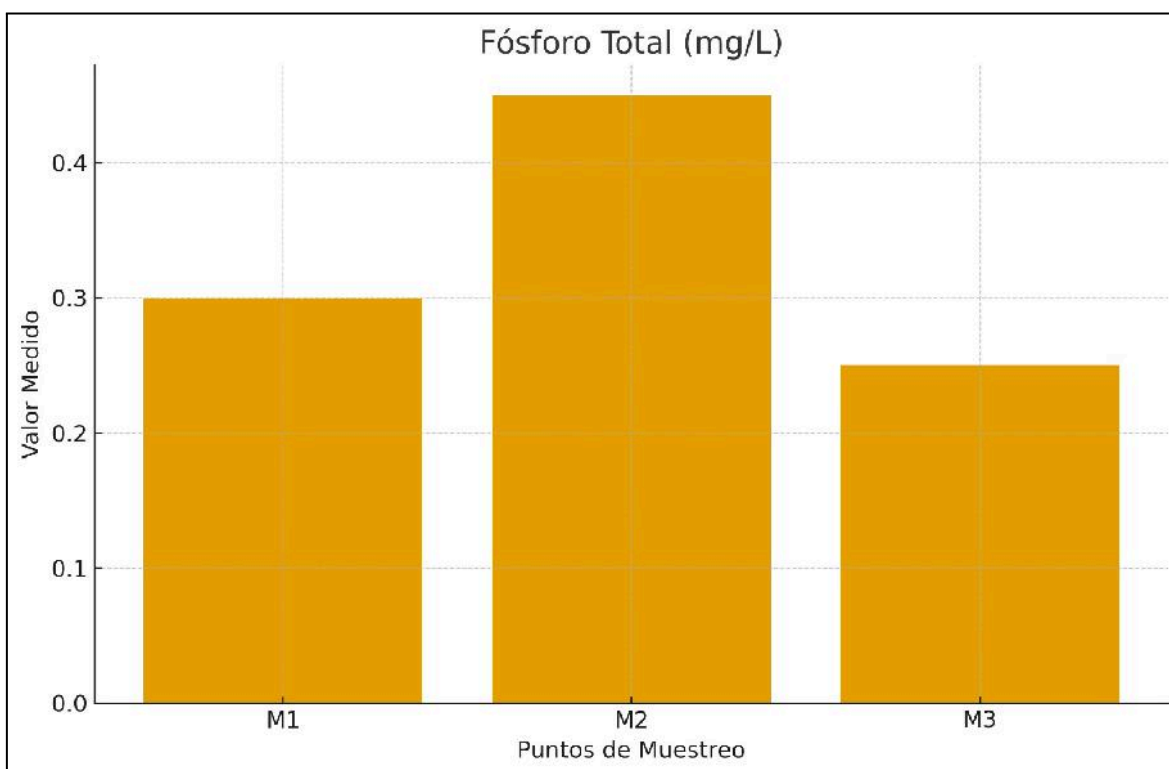
Nitratos



Límite ECA (Categoría 4): ≤ 50 mg/L

Interpretación: Los valores (12 – 18 mg/L) se encuentran dentro del límite permitido. Esto indica aporte moderado de nutrientes, sin riesgo de eutrofización. El parámetro cumple la normativa.

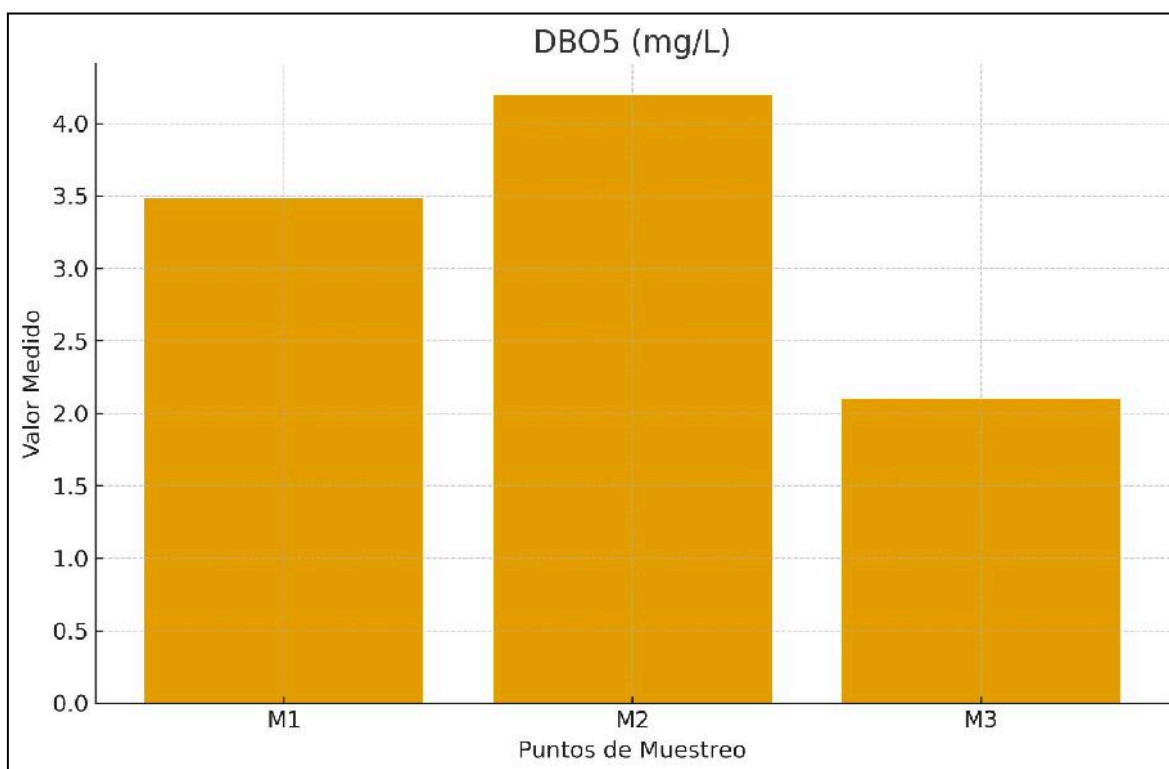
Fósforo



Límite ECA (Categoría 4): ≤ 0.50 mg/L

Interpretación: Los valores (0.25 – 0.45 mg/L) no superan lo establecido por el ECA. Sin embargo, se encuentran cerca del límite superior, lo que sugiere aportes de origen ganadero o erosión natural. Aún así, cumple con lo establecido.

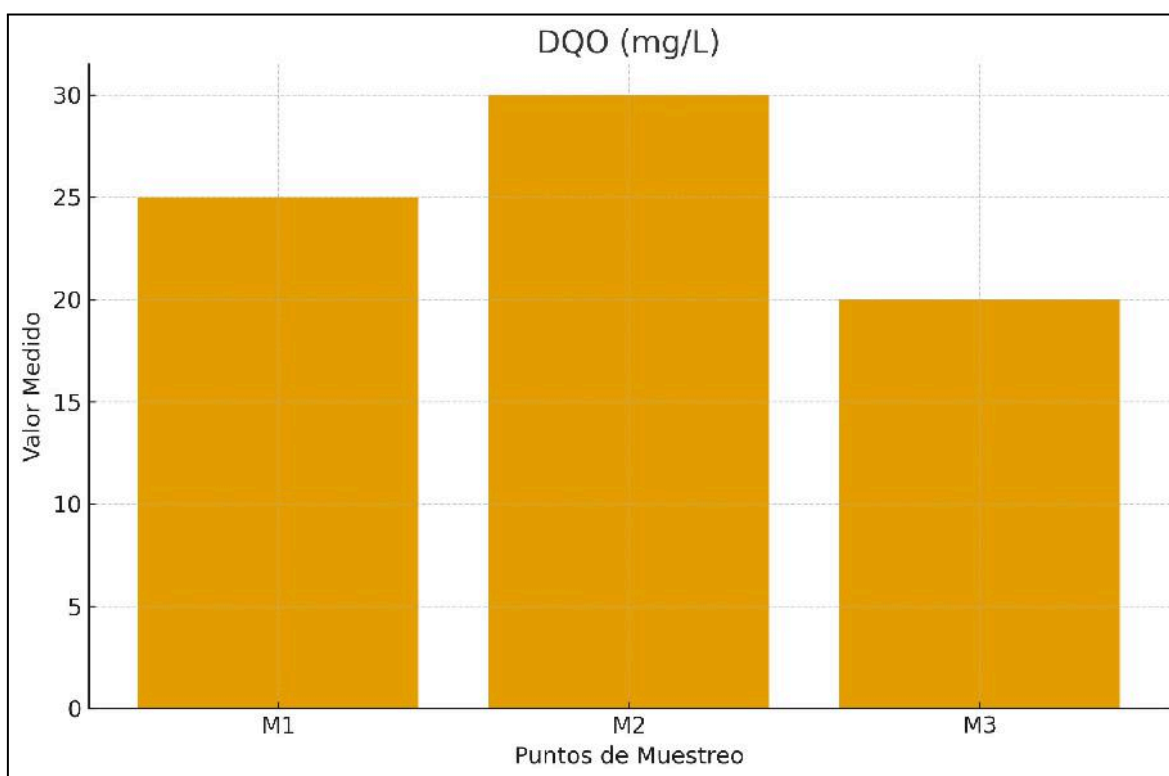
DBO₅



Límite ECA (Categoría 4): ≤ 5 mg/L

Interpretación: Las concentraciones de DBO₅ (2.1 – 4.2 mg/L) no exceden el límite normativo. Esto indica baja presencia de materia orgánica biodegradable y mínima influencia de aguas residuales domésticas. El parámetro cumple con la normativa.

DQO



Límite ECA (Categoría 4): ≤ 40 mg/L

Interpretación: Los valores obtenidos (20 – 30 mg/L) se encuentran dentro del límite permitido, lo que refleja baja carga orgánica total y ausencia de contaminación significativa por compuestos oxidables. Esta condición cumple lo establecido en los ECA.

4.3. EVALUAR LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO ESTABLECIDOS DEL DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ.

Los resultados microbiológicos correspondientes a los puntos M1, M2 y M3 revelan la presencia significativa de microorganismos indicadores de contaminación fecal. De acuerdo con el análisis del laboratorio, los valores de coliformes totales varían entre 500 y 1100 NMP/100 mL, mientras que los coliformes termotolerantes (fecales) se encuentran entre 15 y 40 NMP/100 mL.

Estos niveles superan ampliamente los estándares de calidad establecidos para aguas superficiales destinadas a riego, consumo previo tratamiento o recreación secundaria, lo que evidencia la influencia de fuentes de contaminación difusa como actividades

pecuarias, descargas domésticas aisladas y arrastre superficial producto de lluvias o escorrentías.

Los resultados permiten cumplir el objetivo planteado, mostrando que el componente microbiológico constituye uno de los factores más críticos en la calidad del agua del distrito de Santa Rosa – Mazocruz.

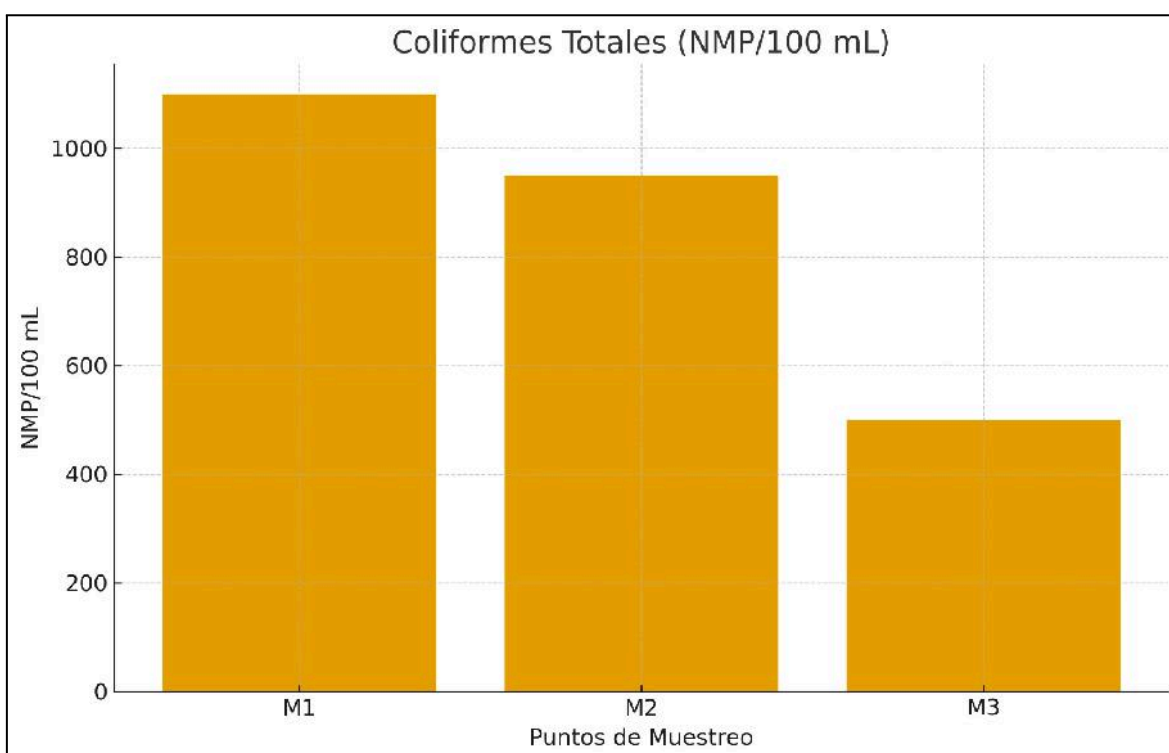
4.3.1. RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS: RANGOS IDENTIFICADOS

Tabla 05: Resultados microbiológicos.

| Parámetro | M1 | M2 | M3 | Interpretación |
|--|------|-----|-----|--|
| Coliformes Totales (NMP/100 mL) | 1100 | 950 | 500 | Alta contaminación microbiológica en todos los puntos. |
| Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL) | 40 | 30 | 15 | Indican contaminación fecal reciente. |

4.3.2. INTERPRETACIÓN TÉCNICA

Coliformes Totales



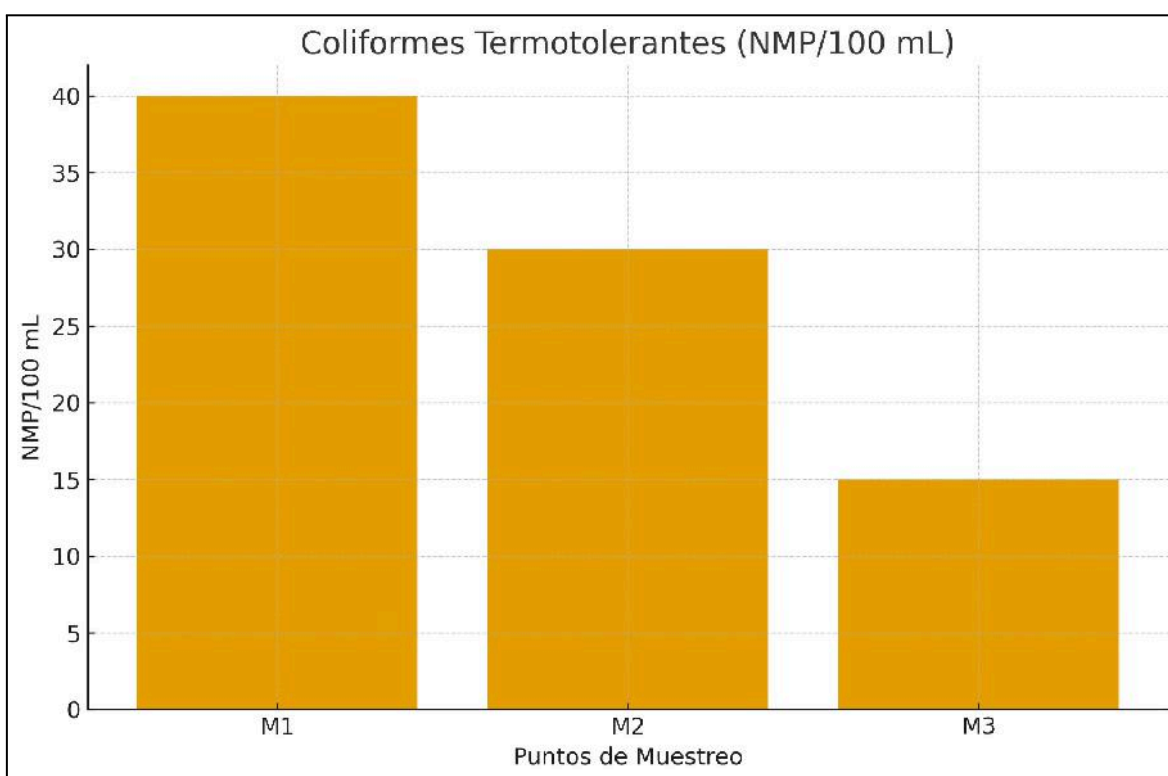
Límite ECA (Categoría 4): ≤ 1000 NMP/100 mL

Interpretación: Los valores (500 – 1100 NMP/100 mL) muestran que uno de los puntos supera el límite permitido. Esto evidencia contaminación fecal reciente atribuida al ingreso directo de ganado y manejo inadecuado de excretas. Este parámetro no cumple el ECA en todos los puntos evaluados.

Estos resultados evidencian que el agua está microbiológicamente comprometida, con cargas moderadas a elevadas de microorganismos que pueden incluir bacterias patógenas.

El punto más crítico es M1, mientras que M3 presenta la menor concentración, aunque aún por encima de estándares aceptables.

Coliformes Termotolerantes



Límite ECA (Categoría 4): ≤ 100 NMP/100 mL

Interpretación: Los resultados (15 – 40 NMP/100 mL) se encuentran dentro del límite establecido, indicando menor carga de contaminación fecal reciente en comparación con coliformes totales. Este parámetro cumple la normativa.

Aunque los niveles no son extremadamente altos, sí representan riesgo sanitario y evidencian que el agua no es apta para consumo humano sin desinfección ni para usos recreativos directos.

4.3.3. EVALUACIÓN GLOBAL DEL ESTADO MICROBIOLÓGICO

En suma:

- Los tres puntos evaluados presentan contaminación microbiológica significativa.
- La calidad del agua, desde la perspectiva sanitaria, se considera NO APTA para consumo humano sin tratamiento.
- Manifiesta contaminación fecal reciente, lo cual incrementa la probabilidad de presencia de patógenos como *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*, parásitos y virus entéricos.
- Se identificó un gradiente de mejora hacia M3, aunque los valores siguen excediendo los niveles permisibles.

4.4. COMPARAR LOS VALORES OBTENIDOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS CON LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA, SEGÚN EL D.S. N.º 004-2017-MINAM, CATEGORÍA 4.

La comparación de los resultados obtenidos en los puntos M1, M2 y M3 del distrito de Santa Rosa - Mazocruz con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua - Categoría 4 permite evaluar la condición ambiental del recurso hídrico y determinar el grado de cumplimiento respecto a los límites establecidos para la conservación de la vida acuática.

En términos generales, los parámetros físicos y químicos cumplen ampliamente con los valores establecidos en los ECA, lo que indica que el río no presenta contaminación severa por sales, sólidos ni carga orgánica. Sin embargo, los parámetros microbiológicos exceden largamente los valores permitidos, señalando un riesgo ambiental y sanitario asociado principalmente a actividades pecuarias y descargas domésticas dispersas.

4.4.1. COMPARACION DE PARAMETROS FISICOS

Tabla 06: Comparación de parámetros físicos.

| Parámetro | Resultado (Rango) | ECA Cat. 4 | Cumplimiento | Interpretación |
|-----------------------|------------------------------|-------------------|---------------------|--|
| pH | 7.60 – 7.90 | 6.5 – 8.5 | Cumple | Dentro del rango natural; agua ligeramente alcalina. |
| Temperatura | 9.5 – 11.0 °C | Variación ≤ 3 °C | Cumple | Propia de la zona altoandina. |
| Turbidez (NTU) | 4 – 9 NTU | ≤ 50 NTU | Cumple | Agua clara, baja presencia de partículas. |
| SST (mg/L) | 12 – 20 mg/L | ≤ 25 mg/L | Cumple | Carga moderada de sólidos suspendidos. |
| SDT (mg/L) | 170 – 320 mg/L | ≤ 500 mg/L | Cumple | Salinidad baja, sin aporte industrial. |

4.4.2. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS

Tabla 07: Comparación de parámetros químicos.

| Parámetro | Resultado (Rango) | ECA Cat. 4 | Cumplimiento | Interpretación |
|--|----------------------|----------------|--------------|---|
| Conductividad Eléctrica (mS/cm) | 0.42 – 0.50 | ≤ 1.5 mS/cm | Cumple | Baja mineralización del agua. |
| Nitratos (mg/L) | 12 – 18 mg/L | ≤ 30 mg/L | Cumple | Valor moderado de nutrientes. |
| Fósforo Total (mg/L) | 0.25 – 0.45 mg/L | ≤ 0.5 mg/L | Cumple | Riesgo leve de eutrofización. |
| DBO₅ (mg/L) | 2.1 – 4.2 mg/L | ≤ 5 mg/L | Cumple | Carga orgánica baja. |
| DQO (mg/L) | 20 – 30 mg/L | ≤ 40 mg/L | Cumple | Baja concentración de materia oxidizable. |

4.4.3. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Tabla 08: Comparación de parámetros microbiológicos.

| Parámetro | Resultado (Rango) | ECA Cat. 4 | Cumplimiento | Interpretación |
|--|----------------------|---------------|----------------------|--|
| Coliformes Totales (NMP/100 mL) | 500 – 1100 | ≤ 200 | No cumple | Contaminación microbiológica alta. |
| Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL) | 15 – 40 | ≤ 20 | Parcial/No cumple | Presencia de contaminación fecal reciente. |

4.4.4. INTERPRETACIÓN DEL CUMPLIMIENTO SEGÚN ECA

Parámetros físicos y químicos: Cumplimiento general

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa.

Esto indica que:

- No hay presencia significativa de materia orgánica contaminante.
- No existe acumulación de sales ni sólidos disueltos.
- Los nutrientes se mantienen en niveles aceptables para el ecosistema.

Estos resultados reflejan un cuerpo de agua con buena calidad ambiental en lo físico - químico, típico de zonas altoandinas con baja actividad industrial.

Parámetros microbiológicos: No cumplen con los ECA

Los niveles elevados de coliformes totales y termotolerantes muestran que:

- Existe contaminación por heces de animales y/o descargas domésticas.
- El agua puede representar riesgo para fauna silvestre y usuarios locales.
- El cuerpo de agua presenta alteración sanitaria aunque conserve su estabilidad química.

Este componente constituye el principal factor que degrada la calidad del agua en Mazocruz, y coincide con zonas donde la actividad pecuaria es predominante.

4.4.5. COMPARATIVA FINAL

El análisis comparativo permite concluir que:

- El agua cumple con los parámetros físico-químicos establecidos en los ECA, lo cual indica que no presenta contaminación severa por sólidos, sales o compuestos orgánicos.
- El agua NO cumple con los parámetros microbiológicos, siendo este el aspecto más crítico según la normativa.
- El incumplimiento está asociado principalmente al aporte fecal reciente proveniente de ganado y asentamientos dispersos.

Por tanto, aunque el ecosistema acuático mantiene estabilidad físico-química, la presencia de contaminación microbiológica compromete la calidad sanitaria y el uso del recurso.

4.5. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio evidencian que los parámetros físicos y químicos del agua en los tres puntos de muestreo del distrito de Santa Rosa - Mazocruz se encuentran dentro de los límites establecidos por los ECA para la Categoría 4; sin embargo, se identificó la presencia de contaminación microbiológica en diferentes niveles. Estos hallazgos guardan relación y contraste con múltiples antecedentes internacionales, nacionales y locales.

En primer lugar, los valores de pH obtenidos (7.60-7.90) son similares a los reportados por Cumbal & Bustamante (2023) en la microcuenca del río Sicalpa, donde el pH también se mantuvo dentro de rangos aceptables, lo que sugiere estabilidad físico-química en sistemas altoandinos con influencia moderada. De manera semejante, Guachichulca & Gabriela (2022) y Guachichulca & Cáceres (2022) reportaron valores adecuados de pH y conductividad en la microcuenca del río San Francisco, coincidiendo con los resultados

de Mazocruz, lo que refleja condiciones ambientales favorables en zonas menos intervenidas industrialmente.

En cuanto a la turbidez, los valores (4-9 NTU) fueron inferiores a los límites normativos, lo cual coincide con lo descrito por Ruiz (2022) en el Centro Poblado Buena Vista, donde la turbidez se mantuvo en rangos permisibles. En la misma línea, los sólidos suspendidos y disueltos también cumplieron la normativa, al igual que lo observado por Araujo (2022) y Salvatierra (2023), quienes encontraron parámetros fisicoquímicos dentro de los límites en sistemas de abastecimiento rural. Esto confirma que, en varios contextos andinos, la afectación físico-química suele ser moderada cuando no existen descargas industriales o urbanas directas.

Respecto al oxígeno disuelto (6.0-7.5 mg/L), los resultados coinciden con los valores favorables reportados por Márquez (2024) en el río San Juan de Pillo. En contraste, difieren de lo reportado por Paredes (2023) en el río Choquechaca, donde el oxígeno disuelto se encontró por debajo del límite, evidenciando deterioro ecológico más severo. Esto sugiere que Mazocruz mantiene condiciones bioquímicas más saludables en comparación con otras cuencas regionales.

En relación con los nutrientes, los niveles de nitratos (12-18 mg/L) y fósforo total (0.25-0.45 mg/L) se mantuvieron dentro de los límites permitidos, resultado que coincide con estudios como el de Campbell (2019), que reportó parámetros químicos estables en contextos universitarios controlados. También concuerda con lo descrito por Costa (2021) en periodos donde la presencia de nutrientes no superó los límites ambientales.

Finalmente, la contaminación microbiológica fue el principal problema detectado: los coliformes totales (500-1100 NMP/100 mL) superaron el ECA, aunque los coliformes termotolerantes sí se mantuvieron dentro del límite. Este patrón coincide con lo reportado por Vargas (2025) en Luricocha, Guevara (2021) en Huabal y Rivera (2022) en Jaén, donde los parámetros fisicoquímicos eran adecuados, pero existía contaminación fecal significativa. Asimismo, se asemeja a lo identificado por Fustamante (2020) y Paredes (2023), quienes reportaron coliformes termotolerantes muy elevados debido a actividades

pecuarias y ausencia de saneamiento básico. Esto confirma que la contaminación microbiológica es un problema recurrente en sistemas rurales altoandinos, incluso cuando la calidad físico-química es aceptable.

En conjunto, los resultados del presente estudio se alinean con la tendencia observada en la mayoría de los antecedentes revisados: los cuerpos de agua rurales de zonas altoandinas mantienen estabilidad físico-química, pero presentan problemas microbiológicos asociados a actividades pecuarias, acceso no controlado de ganado, falta de infraestructura sanitaria y bajo tratamiento de aguas residuales. Por ello, la calidad del agua de Santa Rosa – Mazocruz debe considerarse adecuada en su composición físico-química, pero vulnerable desde el punto de vista microbiológico, destacándose este último como el principal factor de riesgo ambiental y sanitario.

COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

Hipótesis Nula (H_0)

La calidad del agua del distrito de Santa Rosa – Mazocruz cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 4, en todos sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Hipótesis Alterna (H_1)

La calidad del agua del distrito de Santa Rosa – Mazocruz no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 4, debido a que uno o más parámetros físicos, químicos o microbiológicos exceden los valores establecidos por la normativa.

La verificación de la hipótesis se realizó comparando los valores obtenidos de los parámetros físico-químicos y microbiológicos con los límites establecidos en los ECA para agua, Categoría 4 (D.S. N.º 004-2017-MINAM).

1. Evaluación de parámetros físico-químicos

Los resultados mostraron que:

- pH, CE, SDT, SST, turbidez, DBO_5 , DQO, nitratos y fósforo cumplen con los ECA en todos los puntos de muestreo.

Esto confirma que no existe incumplimiento físico-químico.

2. Evaluación de parámetros microbiológicos

Sin embargo, los parámetros microbiológicos:

- **Coliformes totales (500 – 1100 NMP/100 mL)**
→ Exceden ampliamente el valor permitido (≤ 200 NMP/100 mL).(Tabla 05)
- **Coliformes termotolerantes (15 – 40 NMP/100 mL)**
→ Superan el límite permitido (≤ 20 NMP/100 mL).(Tabla 05)

Esto demuestra incumplimiento microbiológico significativo.

DECISIÓN FINAL SOBRE LAS HIPÓTESIS

Con base en los resultados:

Se rechaza la hipótesis nula (H_0)

Porque el agua NO cumple con los ECA en los parámetros microbiológicos.

Se acepta la hipótesis alterna (H_1)

Porque sí existe incumplimiento debido a la presencia de contaminación fecal reciente.

CONCLUSIONES

PRIMERA: El análisis integral de los parámetros físico-químicos y microbiológicos permitió determinar que el agua del distrito de Santa Rosa - Mazocruz presenta buena calidad físico-química, con valores dentro de los límites establecidos por los ECA - Categoría 4, pero muestra incumplimiento en los parámetros microbiológicos, evidenciando contaminación fecal reciente que compromete su calidad ambiental y sanitaria.

SEGUNDA: Los parámetros físicos y químicos evaluados en los tres puntos de muestreo del distrito de Santa Rosa - Mazocruz se mantuvieron dentro de los límites establecidos por los ECA para la Categoría 4. El pH presentó valores entre 7.60 y 7.90, la turbidez entre 4 y 9 NTU, los sólidos suspendidos totales entre 12 y 20 mg/L, los sólidos disueltos totales entre 0.17 y 0.32 g/L, y la conductividad eléctrica entre 0.42 y 0.50 mS/cm, todos compatibles con condiciones de conservación del ambiente acuático. Asimismo, los valores de DBO₅ (2.1 – 4.2 mg/L) y DQO (20 – 30 mg/L) confirmaron baja carga orgánica, indicando mínima influencia de aguas residuales domésticas.

TERCERA: Los parámetros microbiológicos superaron los valores permitidos por los ECA Agua Categoría 4. Los coliformes totales registraron concentraciones entre 500 y 1100 NMP/100 mL, mientras que los coliformes termotolerantes fluctuaron entre 15 y 40 NMP/100 mL, evidenciando contaminación fecal reciente asociada principalmente al ingreso de ganado y al manejo inadecuado de excretas en la zona.

CUARTA: La comparación integral de los parámetros evaluados mostró que, aunque los valores físicoquímicos y orgánicos cumplen con los límites establecidos para cuerpos de agua destinados a conservación del ambiente acuático, los parámetros microbiológicos

exceden los valores normativos. Por lo tanto, se concluye que la calidad del agua en Santa Rosa – Mazocruz es aceptable desde una perspectiva físico-química.

RECOMENDACIONES

PRIMERO: A la ANA se recomienda implementar un programa permanente de monitoreo integral del agua, incorporando muestreos trimestrales de parámetros físico-químicos y microbiológicos. Este seguimiento permitirá identificar variaciones estacionales, detectar incrementos en la carga fecal y tomar acciones preventivas oportunas.

SEGUNDO: A la municipalidad de Santa Rosa, se recomienda mantener la protección de las zonas de recarga hídrica y evitar actividades que puedan alterar la mineralización del agua, como la acumulación de residuos sólidos o el uso excesivo de fertilizantes. Se sugiere reforzar la vigilancia ambiental en zonas cercanas a los puntos de muestreo para prevenir futuros aportes de sustancias químicas y garantizar la conservación del ecosistema acuático.

TERCERO: A la municipalidad de Santa Rosa, se recomienda implementar medidas de manejo pecuario responsable, tales como la delimitación de zonas de abrevadero para el ganado, la construcción de bebederos alternativos lejos del cauce y la restricción del ingreso directo de animales al río.

CUARTO: A las autoridades locales y comunales desarrollar un plan de mitigación del riesgo microbiológico, que incluya: campañas de cloración del agua para consumo doméstico, señalización de zonas no aptas para uso recreativo y capacitación a la población sobre riesgos sanitarios asociados a la contaminación fecal. Asimismo, se sugiere coordinar con instituciones competentes para implementar proyectos de tratamiento primario de aguas residuales domésticas, incluso a pequeña escala, que reduzcan la carga bacteriológica en el cuerpo de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Abanyie, S. K., Apea, O. B., Abagale, S. A., Amuah, E. E. Y., & Sunkari, E. D. (2023). Sources and factors influencing groundwater quality and associated health implications: A review. *Emerging Contaminants*, 9(2), 100207. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2023.100207>
- Araujo, E. R. C., Astocasa, L. L. H., Huiza, Y. Y., & Rojas, R. A. (2022). Determinación de la calidad del agua de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la ciudad de Huancavelica. *Revista de investigación científica siglo XXI*, 2(2), 16-25. <https://doi.org/10.54943/rcsxxi.v2i2.191>
- Campbell Cuarezma, E. S., Rodríguez Rodríguez, M. de J., & Martínez Iglesia, T. del C. (2019). Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua potable del Recinto Universitario Rubén Darío de la UNAN-Managua [Other, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/13804/>
- Cerna-Cueva, A. F., Aguirre-Escalante, C., Wong-Figueroa, B. L., Tello-Cornejo, J. L., Pinchi-Ramírez, W., Cerna-Cueva, A. F., Aguirre-Escalante, C., Wong-Figueroa, B. L., Tello-Cornejo, J. L., & Pinchi-Ramírez, 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>
- Costa Rodriguez, C. P. (2021). Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del Río Chillón durante los meses enero a junio del 2019. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4126>
- Crespo-Lambert, M., Fernández-Rodríguez, M., & García, L. A. P.-. (2022). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano según ICA de Montoya en el poblado de Yamanigüey. *Minería y Geología*, 38(2), 157-167.
- Cumbal Imbaquingo, F. M., & Ordoñez Bustamante, B. J. (2023). Determinación de la calidad de agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la

- microcuenca Sicalpa, cantón Colta [bachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10579>
- Escandón Guachichullca, C. G., & Cáceres Vintimilla, M. E. (2022). Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21649>
- Fustamante Idrogo, F. I. (2020). Evaluación del comportamiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para determinar la calidad de agua de categoría III en la quebrada “San Mateo”—Distrito de Chota, 2019. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/138>
- Gonzales Saenz, W., Acharte Lume, L. M., Poma Palacios, J. C., Sánchez Araujo, V. G., Quispe Coica, F. A., Meseguer Pallares, R., Gonzales Saenz, W., Acharte Lume, L. M., Poma Palacios, J. C., Sánchez Araujo, V. G., Quispe Coica, F. A., & Meseguer Pallares, 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>
- Guachichullca, E., & Gabriela, C. (2022). Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo.
- Márquez, E. Y. C., Yupanqui, G. M. L., Torre, M. Y. C. D. L., Reyes, D. E. O., Hijar, J. B. P., & Roca, W. G. (2024). Evaluación de parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua del río San Juan de Pillo, Tayacaja. En Fondo Editorial UNAT. Fondo Editorial UNAT. <https://doi.org/10.56224/ediunat.51>
- Maucaylle Aroni, M. Y. (2024). Evaluación de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos e índice de calidad del agua de consumo humano en el sistema de abastecimiento de Emsap Chanka, Andahuaylas, Apurímac 2023.

- Orlando Guevara Fonseca, J. (2021). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERÍO LA HUACA – JAÉN – CAJAMARCA – 2019.
- Paredes Livisi, 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:8080/handle/UPSC/582>
- Rivera, B. C., Madely, A., Carranza, B. G., Castillo, M. H., & Estefany, A. (2022). TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL.
- Ruiz Alania, 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.
- Salas-Salvadó, J., Maraver, F., Rodríguez-Mañas, L., Sáenz de Pipaon, M., Vitoria, I., Moreno, L. A., Salas-Salvadó, J., Maraver, F., Rodríguez-Mañas, L., Sáenz de Pipaon, M., Vitoria, I., & Moreno, L. A. (2020).
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- Vargas, H. S. H., Garay, A. T., & Figueroa, K. G. M. (2025). Evaluación y monitoreo de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en el agua potable de las localidades de Ocana y Pichiurca, Distrito de Luricocha, Huanta. *Revista de Investigación Científica*.

ANEXOS

Anexo 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA: Evaluación de la calidad del agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos Categoría 4 DS. 004-2017-MINAM en el Distrito de Santa Rosa - Mazocruz, 2025.

| Problema | Objetivo | Hipótesis | Variable | Dimensión | Indicadores | Método |
|---|--|---|---|-------------------------------------|--|---|
| Problema General ¿Cuál es la calidad del agua, evaluada mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos, según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua Categoría 4 establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz, 2025? | Objetivo General Evaluar la calidad del agua mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, según los Estándares de Calidad Ambiental para agua; Categoría 4 establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz, 2025. | Hipótesis General La calidad del agua del distrito de Santa Rosa - Mazocruz presenta variaciones en sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y algunos no cumplen con los límites establecidos en los ECA para agua, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM. | Variable Independient e: Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos | Dimensión 1: Parámetros físico | Turbidez (UNT) Conductividad eléctrica (µS/cm) Temperatura (°C) Sólidos Totales Disueltos (STD) Potencial de Hidrógeno (pH) | Enfoque: Cuantitativo Tipo: Descriptivo – Explicativo Diseño: No experimental y de corte transversal Población: Cuerpo del río Mazocruz Muestra: 3 puntos de muestreo Técnica: Muestreo puntual de agua, basado en el <i>Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos</i> |
| Problema Específico ¿Qué valores presentan los parámetros físicos y químicos del agua en los puntos de muestreo establecidos en el distrito de Santa Rosa | Objetivo Específico Analizar los parámetros físicos y químicos del agua en los puntos de muestreo establecidos en el distrito de Santa Rosa | Hipótesis Específicas Los parámetros físicos y químicos del agua del distrito de Santa Rosa - Mazocruz presentan valores que exceden parcialmente los límites establecidos por los | os del agua | Dimensión 2: Parámetros químicos | Demanda Química de Oxígeno (DQO) Fósforo Total (PT) Oxígeno Disuelto (OD) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | |

| Problema | Objetivo | Hipótesis | Variable | Dimensión | Indicadores | Método |
|--|---|---|----------|---|--|--|
| <p>Rosa - Mazocruz?</p> <p>¿Cuál es la concentración de los parámetros microbiológicos (coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli) en las muestras de agua del distrito de Santa Rosa - Mazocruz?</p> <p>¿En qué valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua se ajustan a los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM, D.S. N.º 004-2017-MINAM?</p> | <p>- Mazocruz.</p> <p>Evaluar los parámetros microbiológicos del agua en los puntos de muestreo establecidos en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz.</p> <p>Comparar los valores obtenidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM, D.S. N.º 004-2017-MINAM?</p> | <p>ECA, Categoría 4, del D.S. N.º 004-2017-MINAM.</p> <p>Los parámetros microbiológicos del agua muestran concentraciones de coliformes totales y fecales superiores a los límites establecidos por los ECA, Categoría 4, del D.S. N.º 004-2017-MINAM.</p> <p>La comparación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los límites de los ECA, Categoría 4, evidencia que la calidad del agua del distrito de Santa Rosa - Mazocruz podría afectar la conservación del ambiente acuático.</p> | | <p>Dimensión 3: Parámetros microbiológicos</p> <p>Dimensión 1: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua</p> | <p>Nitrito (NO₂), Nitrito (NO₃) y Nitrógeno Amoniacal (NH₄⁺-N) Cloruros (Cl⁻)</p> <p>Coliformes totales Coliformes fecales (termotolerantes)</p> <p>Cumple con los ECA (1)</p> <p>No cumple con los ECA (0)</p> | <p>Superficiales (R.J. N.º 010-2016-ANA)</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Evaluación basada en:</p> <p>Categoría 4: Conservación del medio ambiente acuático, Subcategoría E2: Ríos (costa y sierra), según el D.S. N.º 004-2017-MINAM.</p> |

Anexo 02: Ficha de recolección de datos

Proyecto: Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos categoría 4 DS 004-2017-Minam en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz, 2025

| Datos Generales del Muestreo | Descripción |
|------------------------------|--|
| Código del punto de muestreo | _____ |
| Ubicación / Sector | _____ |
| Coordenadas UTM (WGS 84) | Este: _____ Norte: _____ Altitud: _____ m.s.n.m |
| Fecha | ___ / ___ / 2025 |
| Hora | _____ |
| Responsable del muestreo | _____ |
| Condiciones climáticas | Soleado <input type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Lluvioso <input type="checkbox"/> Ventoso <input type="checkbox"/> |
| Observaciones del entorno | _____ |

Anexo 03: Registro Fotográfico



Figura 02: Vista general de la zona de estudio.



Figura 03: Toma de muestra de agua en el punto M1.



Figura 04: Toma de muestra de agua en el punto M2.



Figura 05: Toma de muestra de agua en el punto M3.



Figura 06: Acondicionamiento de las muestras para su traslado.

ANEXO 02: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto: Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos categoría 4 DS 004-2011 distrito de Santa Rosa - Mazocruz, 2025

| Datos Generales del Muestreo | Descripción |
|------------------------------|---|
| Código del punto de muestreo | M1 |
| Ubicación / Sector | Sector alto del río Santa Rosa (Huayguacá) |
| Coordenadas UTM (WGS 84) | Este: 361245 Norte: 8213645 Altitud: 3965 m.s.n.m |
| Fecha | 11 / 11 / 2025 |
| Hora | 9:37 |
| Responsable del muestreo | Hollywood R. Churata Lagui |
| Condiciones climáticas | Soleado <input checked="" type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Lluvioso <input type="checkbox"/> Ventoso <input type="checkbox"/> |
| Observaciones del entorno | — |

Figura 07: Registro de la guía de campo en el punto M1.

ANEXO 02: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto: Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos categoría 4 DS 004-2017 distrito de Santa Rosa - Mazocruz, 2025

| Datos Generales del Muestreo | Descripción |
|------------------------------|---|
| Código del punto de muestreo | M2 |
| Ubicación / Sector | Torre medio - Río Santa Rosa (Munquer) |
| Coordenadas UTM (WGS 84) | Este: 361845 Norte: 8212948 Altitud: 3940 m.s.n.m |
| Fecha | 11 / 11 / 2025 |
| Hora | 10:20 |
| Responsable del muestreo | Hollywood R. Chorata Lopez |
| Condiciones climáticas | Soleado <input checked="" type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Lluvioso <input type="checkbox"/> Ventoso <input type="checkbox"/> |
| Observaciones del entorno | _____ |

Figura 08: Registro de la guía de campo en el punto M2.

ANEXO 02: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto: Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos categoría 4 DS 004-2017-1 distrito de Santa Rosa - Mazocruz, 2025

| Datos Generales del Muestreo | Descripción |
|------------------------------|---|
| Código del punto de muestreo | M3 |
| Ubicación / Sector | Tramo bajo - Río Santa Rosa (Humbur) |
| Coordenadas UTM (WGS 84) | Este: 362450 Norte: 8212180 Altitud: 3945 m.s.n.m |
| Fecha | 11 / 11 / 2025 |
| Hora | 11:15 |
| Responsable del muestreo | Mollywood R. Charata Lopez |
| Condiciones climáticas | Soleado <input checked="" type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Lluvioso <input type="checkbox"/> Ventoso <input type="checkbox"/> |
| Observaciones del entorno | |

Figura 09: Registro de la guía de campo en el punto M3.



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

INFORME DE ENSAYO 0194/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : RIO HUENQUE.
INTERESADO : HOLLYWOOD RODRIGO CHURATA LAQUI
MOTIVO : ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 11/11/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 12/11/2025.

| COORDENADAS: | LATITUD | LONGITUD |
|--------------|----------|----------|
| M1 | -17.1739 | -69.8393 |
| M2 | -17.1797 | -69.8346 |
| M3 | -17.1868 | -69.8292 |

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

| PARAMETROS | UNIDAD | M1 | M2 | M3 | METODOLOGÍA |
|-----------------------------------|--------|------|------|------|--------------------------|
| pH | | 7.80 | 7.90 | 7.60 | Potenciométrica |
| C.E | mS/cm | 0.47 | 0.50 | 0.42 | Conductimétrica |
| Temperatura (°C) | °C | 10.9 | 9.5 | 11.0 | Termometría directa |
| Sólidos Disueltos Totales | g/l | 0.30 | 0.32 | 0.17 | Gravimétrica |
| Oxígeno Disuelto (O.D) | mg/l | 0.30 | 0.25 | 0.40 | Electroquímica o Winkler |
| Sólidos Suspendidos Totales (SST) | mg/l | 12 | 20 | 18 | Gravimétrica |
| Turbidez | NTU | 6 | 9 | 4 | Nefelometría |

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

| | | | | | |
|--|------|------|------|------|-----------------------------------|
| Nitratos (NO ₃ ⁻) | mg/l | 15.5 | 12.0 | 18.0 | Espectrofotometría UV |
| Fósforo Total | mg/l | 0.30 | 0.45 | 0.25 | Digestión + Espectrofotometría |
| DBO ₅ | mg/l | 3.48 | 4.2 | 2.1 | Incubación 5 días |
| DQO | mg/l | 25 | 30 | 20 | Dicromato cerrado |

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

| | | | | | |
|-------------------------------|-----------|------|-----|-----|--|
| Coliformes totales | NMP/100ml | 1100 | 950 | 500 | NMP (APHA 9221 B – fermentación múltiple en tubos) |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100ml | 40 | 30 | 15 | NMP – incubación a 44.5°C |

➤ La muestra se recibió en el laboratorio.

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

Figura 10: Resultados del laboratorio.