

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOTORANI PARA RIEGO DE VEGETALES Y
BEBIDA DE ANIMALES EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI,**

DISTRITO DE PUNO - 2026

PRESENTADA POR:

VICTOR RAUL CCALLA SUCAPUCA

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/)



12.2%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 27 MAR 2026, 12:58 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
2.43%

● CHANGED TEXT
9.77%

Report #32167293

VICTOR RAUL CCALLA SUCAPUCA // CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOTORANI PARA RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI, DISTRITO DE PUNO - 2026 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad del agua del río Totorani para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, Puno - 2026. La muestra estuvo conformada por dos puntos de muestreo (PM1 y PM2) ubicados en el río Totorani. Los resultados fisicoquímicos evidencian que los valores promedio obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, subcategorías D1 y D2 . Se registró un pH promedio de 7,2, conductividad eléctrica de 700 μ S/cm, sólidos disueltos totales de 0,325 g/L, dureza total de 387 mg/L, alcalinidad de 160,99 mg/L, cloruros de 102,48 mg/L, sulfatos de 148,5 mg/L, calcio de 107,01 mg/L, magnesio de 31,105 mg/L y nitratos de 0,035 mg/L. Asimismo, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) presentó un valor promedio de 5,55 mg/L y la demanda química de oxígeno (DQO) de 9,65 mg/L, lo que indica una baja carga orgánica y condiciones fisicoquímicas adecuadas del recurso hídrico. En cuanto a los parámetros microbiológicos, los resultados muestran valores promedio menores a 3 NMP/100 ml para coliformes totales, menores a 3 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes y 0 NMP/100 ml para

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

**CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOTORANI PARA RIEGO DE VEGETALES Y
BEBIDA DE ANIMALES EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI,
DISTRITO DE PUNO - 2026**

PRESENTADA POR:

VICTOR RAUL CCALLA SUCAPUCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dra. CELIA VERENISSEE ORTIZ DE ORUE ROJAS

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 08 de abril del 2026.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa académica.

A mis padres, que me enseñaron desde pequeño y hoy desde el infinito sé que siempre están conmigo.

A mi hermanos, por su motivación y confianza permanente, que me impulsaron a no rendirme ante las dificultades.

Y a la comunidad campesina de Totorani, por su colaboración y disposición durante el desarrollo de la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional sólida, basada en principios éticos y científicos, que contribuyen al desarrollo sostenible de nuestra región y del país.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por proporcionarme los conocimientos técnicos, metodológicos y prácticos necesarios para la elaboración y culminación de la presente investigación.

A los miembros del jurado calificador, por su tiempo, observaciones y valiosos aportes académicos, los cuales permitieron fortalecer y mejorar la calidad del presente trabajo de investigación.

A mi asesor, Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, por su constante apoyo, orientación académica, paciencia y dedicación durante el desarrollo de esta tesis, así como por sus valiosas recomendaciones que hicieron posible la culminación satisfactoria de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. INTERNACIONALES	15
1.2.2. NACIONALES	16
1.2.3. LOCAL	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. EL AGUA	22
	3

2.1.2. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	23
2.1.3. EL AGUA DE LOS RÍOS	24
2.1.4. LA CONTAMINACIÓN DE RÍOS	24
2.1.5. LA CALIDAD DEL AGUA	25
2.1.6. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA	26
2.1.7. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)	28
2.2. MARCO CONCEPTUAL	28
2.3. MARCO TEÓRICO LEGAL	29
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	31
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	31
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	31
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	32
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	33
3.2.1. POBLACIÓN	33
3.2.2. MUESTRA	34
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	35
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	35
3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	35
3.3.3. MÉTODO.	35
3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	36
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	39
3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	40
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO TOTORANI	
COMPARADOS CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)	

PARA AGUA - CATEGORÍA 3, EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI, DISTRITO DE PUNO, 2026.	41
4.2. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DEL RÍO TOTORANI COMPARADOS CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA – CATEGORÍA 3, EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI, DISTRITO DE PUNO, 2026.	49
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	55
4.4.1. DE LA HIPÓTESIS GENERAL	55
4.4.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	55
4.4.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	56
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Coordenadas UTM de los puntos de muestreo.	35
Tabla 02: Operacionalización de variables de la investigación.	39
Tabla 03: Concentración de los parámetros fisicoquímicos en las muestras de agua del río Totorani.	41
Tabla 04: Verificación del cumplimiento de parámetros físico químicos con los ECA - CAT 3-D1: Riego de vegetales, DS-004-2017-MINAM.	45
Tabla 05: Verificación del cumplimiento de parámetros físico químicos con los ECA - CAT 3-D2: bebida de animales del DS-004-2017-MINAM.	47
Tabla 06: Concentración de los parámetros microbiológicos en las muestras de agua del río Totorani.	49
Tabla 07: Verificación del cumplimiento de parámetros microbiológicos con los ECA - CAT 3-D1: riego de vegetales, DS-004-2017-MINAM.	51
Tabla 08: Verificación del cumplimiento de parámetros microbiológicos con los ECA - CAT 3-D2: bebida de animales del DS-004-2017-MINAM.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación de la comunidad de Totorani en el distrito de Puno.	33
Figura 02: Tramo del río Totorani que atraviesa la comunidad campesina de Totorani.	34
Figura 03: Comparación de la concentración de parámetros fisicoquímicos entre las 02 muestras.	43
Figura 04: Comparación de la concentración de parámetros microbiológicos entre las 02 muestras.	50
Figura 05: Vista panorámica de la zona de estudio.	69
Figura 06: Selección de lugar para la toma de muestras.	69
Figura 07: Toma de muestra en el Punto 01.	70
Figura 08: Vista panorámica del punto 02 del tramo del río Totorani	70
Figura 09: Toma de muestra en el Punto 02.	71
Figura 07: Rotulación de las muestras de los 02 puntos.	71
Figura 08: Almacenamiento de las muestras para el traslado hacia el laboratorio.	72

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: ECA de Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.	65
Anexo 02: Matriz de consistencia.	66
Anexo 03: Resultados del análisis de laboratorio para el PM1.	67
Anexo 04: Resultados del análisis de laboratorio para el PM2.	68
Anexo 04: Galería fotográfica.	69

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad del agua del río Totorani para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, Puno - 2026. La muestra estuvo conformada por dos puntos de muestreo (PM1 y PM2) ubicados en el río Totorani. Los resultados fisicoquímicos evidencian que los valores promedio obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, subcategorías D1 y D2. Se registró un pH promedio de 7,2, conductividad eléctrica de 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos disueltos totales de 0,325 g/L, dureza total de 387 mg/L, alcalinidad de 160,99 mg/L, cloruros de 102,48 mg/L, sulfatos de 148,5 mg/L, calcio de 107,01 mg/L, magnesio de 31,105 mg/L y nitratos de 0,035 mg/L. Asimismo, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) presentó un valor promedio de 5,55 mg/L y la demanda química de oxígeno (DQO) de 9,65 mg/L, lo que indica una baja carga orgánica y condiciones fisicoquímicas adecuadas del recurso hídrico. En cuanto a los parámetros microbiológicos, los resultados muestran valores promedio menores a 3 NMP/100 ml para coliformes totales, menores a 3 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes y 0 NMP/100 ml para *Escherichia coli*, evidenciando también el cumplimiento de los ECA y confirmando una adecuada calidad microbiológica del agua, con mínimos riesgos sanitarios para el riego de vegetales y el consumo animal. Se concluye que la calidad del agua del río Totorani es apta para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, al cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, según lo evidenciado en las tablas y figuras correspondientes.

Palabras clave: Calidad del agua, Parámetros bacteriológicos, Parámetros físico químicos.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the water quality of the Totorani River for use in vegetable irrigation and animal consumption in the rural community of Totorani, Puno - 2026. The sample consisted of two sampling points (PM1 and PM2) located on the Totorani River. The physicochemical results show that the average values obtained are within the limits established by the Environmental Quality Standards (EQS) for water – Category 3, subcategories D1 and D2. An average pH of 7.2, electrical conductivity of 700 $\mu\text{S/cm}$, total dissolved solids of 0.325 g/L, total hardness of 387 mg/L, alkalinity of 160.99 mg/L, chlorides of 102.48 mg/L, sulfates of 148.5 mg/L, calcium of 107.01 mg/L, magnesium of 31.105 mg/L, and nitrates of 0.035 mg/L were recorded. Furthermore, the biochemical oxygen demand (BOD_5) had an average value of 5.55 mg/L and the chemical oxygen demand (COD) of 9.65 mg/L, indicating a low organic load and adequate physicochemical conditions of the water resource. Regarding microbiological parameters, the results show average values of less than 3 MPN/100 ml for total coliforms, less than 3 MPN/100 ml for thermotolerant coliforms, and 0 MPN/100 ml for *Escherichia coli*, demonstrating compliance with the Environmental Quality Standards (EQS) and confirming adequate microbiological water quality, with minimal health risks for vegetable irrigation and animal consumption. It is concluded that the water quality of the Totorani River is suitable for use in vegetable irrigation and animal consumption in the rural community of Totorani, Puno district, as it meets the Environmental Quality Standards (EQS) for water - Category 3, as shown in the corresponding tables and figures.

Keywords: Water quality, Bacteriological parameters, Physicochemical parameters.

INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico constituye un elemento fundamental para el desarrollo de las actividades humanas, especialmente en el ámbito agrícola y pecuario, donde su calidad influye directamente en la producción de alimentos y en la salud animal (SUNASS, 2024).

En zonas rurales altoandinas, los ríos representan la principal fuente de abastecimiento de agua para riego de cultivos y consumo del ganado, por lo que su evaluación periódica resulta indispensable para garantizar un uso seguro y sostenible (Pacto Mundial, 2024).

La presente investigación tiene como finalidad determinar si el agua del río Totorani cumple con los estándares de calidad requeridos para el riego de vegetales y el consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, ubicada en el distrito de Puno. Para ello, se realizó la evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, cuyos resultados proporcionan información técnica confiable que servirá como base para la toma de decisiones por parte de autoridades locales, agricultores y comuneros.

Los resultados obtenidos permitirán orientar la implementación de medidas preventivas o correctivas en caso de identificarse niveles de contaminación que representen riesgos para la producción agrícola o la salud del ganado. De esta manera, el estudio contribuirá a optimizar el uso del recurso hídrico y promover prácticas de manejo sostenible dentro de la comunidad.

La investigación adquiere relevancia social debido a que el agua es un recurso esencial para la seguridad alimentaria y el bienestar de la población. En la comunidad campesina de Totorani, las actividades agrícolas y pecuarias constituyen la principal fuente de sustento económico, por lo que la calidad del agua incide directamente en la productividad, en la inocuidad de los alimentos y en la economía familiar. El uso de agua contaminada para riego puede comprometer la calidad sanitaria de los cultivos, mientras que el consumo de agua de baja calidad por parte del ganado puede ocasionar enfermedades, disminución en la productividad y pérdidas económicas. En este sentido, la investigación contribuye a la protección de la salud pública y al fortalecimiento del desarrollo socioeconómico local.

Desde el punto de vista ambiental, el estudio es pertinente porque promueve la conservación y el uso sostenible de los recursos hídricos. La evaluación de la calidad del agua del río Totorani permite identificar posibles fuentes de contaminación y analizar su impacto en el ecosistema acuático. Conocer el estado actual del recurso hídrico facilita la formulación de estrategias de gestión ambiental orientadas a prevenir su deterioro y preservar su capacidad de soporte ecológico. Asimismo, la investigación contribuye al cumplimiento de la normativa ambiental vigente en el Perú, especialmente en lo relacionado con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, fortaleciendo la cultura de monitoreo y control ambiental en la región.

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

Capítulo I: Se expone el problema de investigación citando información relevante relacionada con el tema, así como antecedentes de ámbito internacional, nacional y local. Finalmente, se presentan los objetivos que orientan el desarrollo del estudio.

Capítulo II: Se desarrollan los fundamentos teóricos y conceptuales que sustentan la investigación, incluyendo el marco teórico, el marco conceptual y la normatividad nacional vigente aplicable al recurso hídrico. Al final del capítulo se formulan las hipótesis del trabajo.

Capítulo III: Se describe la metodología empleada en el desarrollo de la investigación, detallando el tipo y diseño de estudio, la zona de estudio, la población y muestra, los procedimientos de muestreo y análisis, así como el tratamiento estadístico de los datos obtenidos.

Capítulo IV: Se presentan los resultados obtenidos, acompañados de su respectivo análisis e interpretación. Finalmente, el documento concluye con las conclusiones derivadas del estudio y las recomendaciones planteadas a partir de los hallazgos alcanzados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un recurso natural esencial para la vida, la producción de alimentos y el desarrollo económico. A nivel mundial, la creciente presión demográfica, la expansión agrícola y las actividades industriales han generado un deterioro progresivo de la calidad de los recursos hídricos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) y la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2022), millones de personas en el mundo utilizan fuentes de agua contaminadas para consumo humano, riego agrícola y uso pecuario, lo que incrementa el riesgo de enfermedades y afecta la seguridad alimentaria. La contaminación por metales pesados, microorganismos patógenos, residuos agrícolas y descargas de aguas residuales constituye uno de los principales problemas en cuerpos de agua superficiales (Banco Mundial, 2025). En zonas rurales, donde el tratamiento del agua es limitado o inexistente, el uso directo de ríos para riego de cultivos y consumo animal puede representar un riesgo significativo para la salud pública y el equilibrio ambiental.

En América Latina, la problemática de la contaminación hídrica se encuentra asociada principalmente al crecimiento urbano no planificado, la minería, la actividad agropecuaria y la deficiente gestión de aguas residuales (UNESCO, 2024). Diversos estudios han evidenciado que muchos ríos de la región presentan concentraciones de contaminantes que superan los estándares de calidad ambiental establecidos para riego y consumo animal. Organismos como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe

(CEPAL, 2022) han señalado que, pese a que América Latina posee una importante disponibilidad de recursos hídricos, la calidad del agua es un desafío crítico, especialmente en comunidades rurales que dependen directamente de fuentes superficiales para sus actividades productivas.

En el Perú, la gestión de los recursos hídricos se encuentra regulada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2022), entidad encargada de establecer y supervisar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según los diferentes usos (consumo humano, riego, bebida de animales, entre otros). Sin embargo, diversas cuencas hidrográficas del país presentan problemas de contaminación asociados a actividades mineras, vertimientos domésticos sin tratamiento, uso de agroquímicos y manejo inadecuado de residuos sólidos (GRUPO AGUA, 2008). En zonas altoandinas, donde la población depende directamente de ríos y quebradas, la ausencia de monitoreos constantes dificulta conocer si el recurso hídrico cumple con los parámetros establecidos para uso agrícola y pecuario.

En el distrito de Puno, específicamente en la comunidad campesina de Totorani, el río Totorani constituye una fuente importante de abastecimiento de agua para el riego de vegetales y la bebida de animales (Info región, 2025). La economía local depende en gran medida de la agricultura y la ganadería, actividades que requieren agua en condiciones adecuadas de calidad. No obstante, se presume que el cuerpo de agua podría estar expuesto a contaminación derivada de actividades antrópicas como descargas domésticas, escorrentía agrícola y manejo inadecuado de residuos sólidos. La ausencia de estudios recientes que determinen los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua del río Totorani genera incertidumbre respecto a su aptitud para riego agrícola y consumo animal. Esta situación plantea la necesidad de evaluar la calidad del agua del río Totorani, a fin de verificar si cumple con los estándares establecidos para dichos usos y contribuir con información técnica que permita fortalecer la gestión ambiental y la protección de la salud pública en la comunidad campesina de Totorani.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida la calidad del agua del río Totorani será apta para el riego de vegetales y el consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno - 2026?
- ¿Los parámetros microbiológicos del agua del río Totorani cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno - 2026?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. INTERNACIONALES

Sánchez y Villamil (2022), determinaron en el río de Bogotá el estado del conocimiento respecto a los contaminantes presentes en este afluente y sus efectos en la salud humana durante el periodo 2010-2020. La investigación se estructuró en dos fases: una heurística, orientada a la búsqueda y recopilación de documentos científicos, y otra hermenéutica, centrada en la lectura crítica y análisis mediante la herramienta CASPe. La población estuvo constituida por la producción científica relacionada con la contaminación del río y la muestra por 45 documentos (entre tesis de pregrado y artículos científicos); posteriormente, 18 documentos fueron evaluados con mayor detalle, 13 cumplieron los criterios de calidad establecidos, correspondiendo 4 a tesis de pregrado y 9 a artículos científicos. En cuanto a los resultados, se evidenció una mayor concentración de investigaciones en la cuenca alta y media del río, mientras que la cuenca baja presenta menor producción científica. En síntesis, los hallazgos ponen de manifiesto la persistencia de una problemática ambiental y sanitaria significativa en el Río Bogotá, resaltando la necesidad de fortalecer investigaciones en la cuenca baja y promover estrategias integrales de control y mitigación de contaminantes.

Uribe et al. (2023), evaluaron la calidad hídrica de este sector mediante la aplicación del Índice de Calidad General para Aguas Superficiales (ICACOSU), en cuanto a los resultados, el análisis del ICACOSU con siete variables evidenció una calidad muy mala en los puntos de monitoreo 5 y 6, debido principalmente a la disminución crítica del oxígeno disuelto, registrándose valores de 0,35 mg/L O₂ y 0,17 mg/L O₂, respectivamente. Asimismo, en el punto 6 se observó un incremento significativo de la DBO₅, alcanzando 112 mg/L O₂, lo que indica una elevada carga orgánica. Por otro lado, únicamente los puntos 2 y 3 lograron un cumplimiento superior al 50% respecto a los objetivos de calidad hídrica establecidos. En síntesis, los hallazgos revelan un deterioro considerable de la calidad del agua en determinados sectores del río Fucha, destacando la necesidad de implementar acciones de control y recuperación ambiental para garantizar el cumplimiento de los estándares normativos.

1.2.2. NACIONALES

Macedo (2022), determinó el grado de contaminación de la quebrada Camaná y analizar sus efectos en la salud de la población. Primero evaluó la calidad del agua de la Quebrada Camaná, la población estuvo constituida por las aguas del afluente y la muestra estuvo conformada por 1200 ml de agua. En la segunda etapa se identificaron enfermedades frecuentes y su incidencia, (población = 30 156 habitantes, muestra = 100). En cuanto a los resultados, se evidenció que los parámetros de pH, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 4 (conservación del ambiente acuático). Entre las afecciones reportadas con mayor frecuencia se encontraron las enfermedades digestivas, seguidas por las dérmicas y, en menor proporción, el dengue. Asimismo, la incidencia fue mayor durante el periodo de creciente y menor en la etapa de vaciante. En conclusión, aunque la quebrada presenta niveles significativos de contaminación microbiológica, la relación estadística entre el grado de contaminación y los efectos en la salud de la población no resultó significativa, evidenciando la necesidad de continuar con estudios más profundos sobre esta problemática ambiental y sanitaria.

Muñoz y Ruiz (2023), verificaron la calidad del agua en su recorrido por el centro poblado Puerto Chinchipe. La población estuvo constituida por el tramo del río Chinchipe en el sector Puerto Chinchipe, mientras que la muestra comprendió tres puntos de monitoreo ubicados a 500 metros de distancia entre sí: uno aguas arriba, otro debajo del puente y el tercero aguas abajo. En cuanto a los resultados, se determinó que varios parámetros no cumplen con los ECAs para la categoría 3. Entre ellos destacan el color (1087 a 1088), la Demanda Química de Oxígeno (DQO = 80,18 mg/L), los aceites y grasas (40,32 a 40,35 mg/L) y el parámetro microbiológico con valores superiores a >1600 NMP/100 ml, evidenciando contaminación significativa. No obstante, los parámetros inorgánicos evaluados se mantuvieron dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa vigente. En síntesis, los hallazgos revelan un deterioro en la calidad del agua del río Chinchipe en el tramo evaluado, principalmente por la presencia de materia orgánica y contaminación microbiológica, lo que pone en evidencia la necesidad de implementar medidas de control y recuperación ambiental.

Montañez y Peralta (2024), evaluaron la calidad del agua mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en temporadas de sequía y lluvias. La población fué el recurso hídrico del río Lucre, la muestra comprendió tres puntos (RLP1: Pacramayo Yanamanchi, RLP2: Pacramayo Yanamanchi y RLP3: Lucre). En cuanto a los resultados microbiológicos, se registraron valores de coliformes fecales de 70 NMP/100 ml (RLP1) y 3 500 NMP/100 ml (RLP2 y RLP3). Para *Escherichia coli* se reportaron 130 NMP/100 ml (RLP1), 350 NMP/100 ml (RLP2) y 170 NMP/100 ml (RLP3). En el caso de *Enterococcus faecalis* y *Vibrio cholerae*, se evidenció ausencia en los tres puntos evaluados. Respecto a los parámetros fisicoquímicos, el pH osciló entre 7,34 y 8,25; el oxígeno disuelto (OD) presentó valores de 7,00 mg/L (RLP1 y RLP2) y 8,2 mg/L (RLP3). La DBO alcanzó 2,98 mg/L (RLP1), 4,11 mg/L (RLP2) y 7,31 mg/L (RLP3), mientras que la DQO registró 0,00 mg/L (RLP1 y RLP2) y 9,54 mg/L (RLP3). Los nitritos variaron entre 0,037 y 0,043 mg/L, y los nitratos entre 0,46 y 0,68 mg/L. En síntesis, los hallazgos

evidencian variaciones en la calidad del agua a lo largo del tramo evaluado, destacando mayores concentraciones microbiológicas en los puntos RLP2 y RLP3.

Ricappa (2024), evaluaron las condiciones de la calidad del agua empleada con fines recreativos por la población del sector San Ramón - Auvernia. La población estuvo constituida por el tramo del río Tarma utilizado para actividades recreativas; mientras que la muestra comprendió tres puntos de monitoreo (RTarm01, RTarm02 y RTarm03), recolectándose 1 litro de agua por punto y un total de 24 muestras para su análisis fisicoquímico y microbiológico. En cuanto a los resultados, los parámetros fisicoquímicos registraron valores máximos de pH = 7,94, temperatura = 23,6 °C, conductividad = 195 μ S/cm, turbiedad = 281 UNT, DBO₅ < 2,6 mg/L y nitratos = 0,232 mg/L, manteniéndose dentro de los límites establecidos por los ECA para uso recreacional. En relación con los parámetros microbiológicos, los coliformes termotolerantes alcanzaron un valor máximo de 49 NMP/100 mL, igualmente dentro del estándar permitido. Sin embargo, la presencia de *Escherichia coli* superó los valores referenciales (< 1,8 NMP/100 mL), representando un potencial riesgo sanitario para los bañistas. En conclusión, los tres puntos evaluados presentan condiciones adecuadas para actividades recreativas, excepto por la detección de *Escherichia coli*.

1.2.3. LOCAL

Gerónimo (2022), determinó la calidad del agua en el área de influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de llave durante el periodo 2021-2022. La población estuvo conformada por el tramo del río llave influenciado por la descarga de aguas residuales domésticas, la muestra por 4 campañas de muestreo realizadas en 3 estaciones (avenida, transición y estiaje), permitiendo evaluar las variaciones estacionales de los parámetros analizados. En cuanto a los resultados, se registraron valores promedio de temperatura = 14,96 °C, sólidos totales disueltos = 949,17 mg/L, conductividad eléctrica = 468,67 μ S/cm, pH = 7,09, DBO₅ = 37,92 mg/L, DQO = 56,5 mg/L, oxígeno disuelto = 5,03 mg/L, fósforo total = 1,39 mg/L, nitratos = 10,91 mg/L y coliformes termotolerantes = 3300 NMP. Al compararlos con los estándares

establecidos en la normativa nacional para la categoría 4, varios de estos parámetros superaron los límites permisibles, evidenciando el incumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

Tovar (2025), analizó la calidad del agua destinada al consumo humano durante el año 2025, con el propósito de verificar su cumplimiento con los estándares nacionales vigentes. La población estuvo constituida por los tramos accesibles del río; mientras que la muestra fue seleccionada por conveniencia, considerando tres puntos. En relación con los resultados, se evidenció un deterioro significativo de la calidad del recurso hídrico. El pH promedio fue de 4,15, indicando una marcada acidez; la conductividad eléctrica alcanzó 3,09 mS/cm y los sólidos disueltos totales llegaron a 1,54 g/L. Asimismo, se registraron concentraciones elevadas de dureza total = 1881 mg/L, cloruros = 503,5 mg/L y sulfatos = 360 mg/L, superando los límites máximos permisibles. En cuanto a los indicadores microbiológicos, se detectaron coliformes totales = 190 NMP/100 mL y coliformes termotolerantes = 37,5 NMP/100 mL, lo que confirma contaminación de origen fecal. Se concluyó que el agua del río no reúne las condiciones adecuadas para consumo humano sin tratamiento previo, debido a la presencia de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos por encima de los estándares establecidos, evidenciando riesgos potenciales para la salud de la población local.

Galindo (2025), examinó la calidad del agua mediante la determinación de parámetros físico-químicos. La muestra estuvo conformada por cuatro puntos de monitoreo, ubicados aproximadamente cada 500 metros. En cuanto a los resultados, los parámetros físicos mostraron valores de temperatura entre 16,9 y 17,5 °C, pH entre 7,35 y 8,31, conductividad eléctrica de 174,4 a 190 μ S/cm y sólidos totales disueltos de 87,1 a 95 mg/L, encontrándose dentro de los límites permisibles. No obstante, la turbidez registró valores entre 24,8 y 25,2 NTU, superando los estándares establecidos y evidenciando la presencia de material particulado en suspensión. Respecto a los parámetros químicos, se reportaron concentraciones elevadas de DBO entre 44,08 y 64 mg/L y DQO entre 94,10 y 120,50 mg/L, además de niveles significativos de nitratos (11,9–36,3 mg/L), nitritos

(1,04–1,20 mg/L), nitrógeno amoniacal (3,20–22,90 mg/L) y fosfatos (0,80–1,20 mg/L), todos por encima de los valores normativos. Se concluyó que el río presenta una marcada contaminación orgánica y química, atribuida principalmente a descargas domésticas, comerciales e industriales, así como a la deficiente gestión de residuos sólidos, lo que implica un riesgo tanto para los ecosistemas acuáticos como para la salud de la población.

Pauro (2026), evaluó la calidad del agua destinada al consumo humano durante el año 2025, la población estuvo constituida por el tramo urbano del río Totorani en la ciudad de Puno, mientras que la muestra comprendió dos puntos de monitoreo, ubicados a 500 metros aguas arriba y 500 metros aguas abajo del puente Totorani, donde se evaluaron parámetros fisicoquímicos y metales pesados mediante la técnica de espectrometría de masas (ICP-MS), contrastando los resultados con lo establecido en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. En relación con los resultados, se evidenció el incumplimiento del parámetro pH, registrándose valores de 8,64 y 8,78, superiores al límite máximo permisible de 8,5 según el ECA-Agua. El hallazgo más relevante fue la concentración de arsénico total = 0,03160 mg/L en el punto aguas arriba, cifra que supera en 216 % el estándar de calidad ambiental establecido (0,01 mg/L). Se concluyó que el agua del río no es apta para el consumo humano directo debido a la presencia de este metaloide y a la alteración de la alcalinidad, situación que representa un riesgo sanitario considerable y demanda la implementación de sistemas de tratamiento especializados para garantizar su potabilización.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua del río totorani para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani y compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno - 2026.
- Determinar los parámetros microbiológicos del agua del río Totorani y compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno - 2026.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. EL AGUA

El agua es una sustancia química inorgánica cuya fórmula molecular es H_2O , compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Se caracteriza por ser incolora, inodora e insípida en estado puro, y por presentar propiedades fisicoquímicas singulares derivadas de su estructura molecular polar y de la formación de puentes de hidrógeno entre sus moléculas. Estas características le confieren una alta capacidad disolvente, razón por la cual es conocida como el “disolvente universal”, ya que puede disolver una gran variedad de compuestos iónicos y polares (Rodríguez, 2001).

Desde el punto de vista físico, el agua es la única sustancia que se encuentra de manera natural en los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) dentro de las condiciones ambientales del planeta. Su punto de ebullición ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$) y de congelación ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) a nivel del mar, así como su elevada capacidad calorífica, influyen significativamente en la regulación térmica de la Tierra y de los organismos vivos. Además, presenta una anomalía importante: al congelarse, aumenta su volumen y disminuye su densidad, lo que permite que el hielo flote sobre el agua líquida y proteja la vida acuática en climas fríos (Blesa, 2012).

En el ámbito biológico, el agua es esencial para la vida. Constituye entre el 60 % y el 90 % del peso de los seres vivos y participa en procesos fundamentales como la fotosíntesis, la respiración celular, la digestión y el transporte de nutrientes y desechos. Asimismo,

actúa como medio de reacción en numerosos procesos metabólicos y es indispensable para mantener la homeostasis y el equilibrio interno de los organismos (UNICEF, 2023).

Desde una perspectiva ambiental, el agua forma parte del ciclo hidrológico, un proceso continuo de evaporación, condensación, precipitación e infiltración que permite su circulación entre la atmósfera, la superficie terrestre y los cuerpos de agua. Este ciclo garantiza la renovación del recurso hídrico y su disponibilidad para los ecosistemas y las actividades humanas. Sin embargo, factores como la contaminación, la sobreexplotación y el cambio climático afectan su calidad y disponibilidad, generando problemas de escasez y deterioro ambiental.

2.1.2. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua es el proceso mediante el cual se altera la calidad física, química y biológica de los cuerpos de agua como ríos, lagos, lagunas, aguas subterráneas y mares debido a la incorporación de sustancias o formas de energía que modifican sus características naturales, volviéndola perjudicial para los ecosistemas y para el uso humano. Esta alteración puede ser causada por actividades domésticas, industriales, agrícolas, mineras o por fenómenos naturales, cuando superan la capacidad de autodepuración del recurso hídrico (García, 2009).

Las fuentes de contaminación pueden clasificarse en puntuales y difusas. Las fuentes puntuales son aquellas fácilmente identificables, como una tubería de descarga industrial; mientras que las fuentes difusas provienen de escorrentías agrícolas, lixiviados o actividades urbanas que arrastran contaminantes hacia los cuerpos de agua. Ambas representan desafíos importantes para la gestión ambiental (OXFAM, 2016).

Las consecuencias de la contaminación del agua son múltiples: deterioro de la biodiversidad acuática, afectación a la salud humana, pérdida de servicios ecosistémicos, disminución de la productividad agrícola y pecuaria, y conflictos sociales por el acceso al recurso. Por ello, organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas han enfatizado la necesidad de garantizar agua segura y saneamiento adecuado como pilares del desarrollo sostenible.

2.1.3. EL AGUA DE LOS RÍOS

El agua de los ríos es aquella que fluye de manera natural a través de cauces superficiales formados por la acción geológica y el ciclo hidrológico. Se origina principalmente por la precipitación (lluvia), el deshielo de nevados y glaciares, el afloramiento de aguas subterráneas y la escorrentía superficial. Los ríos constituyen sistemas dinámicos que transportan agua, sedimentos, nutrientes y materia orgánica desde las zonas altas o nacientes hacia zonas bajas, desembocando generalmente en lagos, lagunas, mares u océanos (Miller & Orbock, 2007).

Desde el punto de vista hidrológico, el agua de los ríos forma parte esencial del ciclo del agua, ya que conecta la atmósfera, la superficie terrestre y los acuíferos. Su caudal puede variar según factores climáticos, estacionales y geográficos, presentando crecidas en épocas de lluvias y disminuciones en temporadas secas. Esta variabilidad influye directamente en la disponibilidad del recurso hídrico para consumo humano, riego, generación de energía y otras actividades productivas. En el aspecto físico y químico, el agua de los ríos posee características que dependen de la geología del terreno, la vegetación circundante y las actividades humanas en la cuenca. Parámetros como el pH, la conductividad eléctrica, la temperatura, los sólidos disueltos totales, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) permiten evaluar su calidad. Asimismo, puede contener nutrientes esenciales como calcio, magnesio y sulfatos, pero también contaminantes cuando recibe descargas de origen doméstico, agrícola o industrial (Escobar, 2002).

2.1.4. LA CONTAMINACIÓN DE RÍOS

La contaminación de ríos es el proceso mediante el cual las aguas fluviales se ven alteradas en sus características físicas, químicas y biológicas debido a la incorporación de sustancias contaminantes o energía en cantidades que superan su capacidad natural de autodepuración. Esta problemática ambiental afecta directamente la calidad del recurso hídrico, compromete la salud pública y deteriora los ecosistemas acuáticos y ribereños. Desde el punto de vista físico, la contaminación de ríos puede manifestarse a

través del aumento de la turbidez, la presencia de sólidos suspendidos, sedimentos, residuos sólidos y cambios anormales de temperatura (contaminación térmica). Estos factores reducen la penetración de la luz solar, afectan la fotosíntesis de las plantas acuáticas y alteran los hábitats naturales de peces y macroinvertebrados (Martinez, 2021).

En el ámbito químico, la contaminación se produce cuando se vierten sustancias como metales pesados (plomo, mercurio, cadmio), hidrocarburos, detergentes, pesticidas, fertilizantes, aceites y compuestos industriales. También el exceso de nutrientes como nitratos y fosfatos genera eutrofización, un proceso que provoca el crecimiento excesivo de algas y la disminución del oxígeno disuelto, ocasionando mortandad de especies acuáticas. La alteración de parámetros como el pH, la conductividad eléctrica, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) es un indicador claro del deterioro de la calidad del agua (Escobar, 2002).

Desde la perspectiva biológica, la contaminación de ríos implica la presencia de microorganismos patógenos bacterias, virus y parásitos provenientes principalmente de aguas residuales domésticas sin tratamiento. Esto incrementa el riesgo de enfermedades de origen hídrico como diarreas, cólera, fiebre tifoidea y hepatitis, afectando especialmente a poblaciones vulnerables que dependen directamente del agua del río para consumo o actividades domésticas.

2.1.5. LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan su idoneidad para un uso específico, ya sea consumo humano, riego agrícola, bebida de animales, uso industrial, recreación o conservación de ecosistemas. No se refiere únicamente a la pureza del agua, sino a su grado de adecuación en función de estándares o criterios previamente establecidos por normativas ambientales y sanitarias (Chávez & Alberto, 2018).

La evaluación de la calidad del agua se realiza en función de estándares establecidos por organismos nacionales e internacionales. A nivel global, la Organización Mundial de la

Salud establece directrices para la calidad del agua potable, mientras que la Organización de las Naciones Unidas promueve el acceso universal al agua segura como parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En cada país, existen normas específicas que clasifican el agua según su uso y establecen límites máximos permisibles para distintos parámetros (Sierra, 2011)

La calidad del agua es dinámica y puede variar en el tiempo y el espacio debido a factores naturales como la geología del terreno, el clima o la estacionalidad y a factores antrópicos, como vertimientos de aguas residuales, actividades agrícolas, industriales o mineras. Por ello, el monitoreo continuo es fundamental para prevenir riesgos ambientales y sanitarios.

2.1.6. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA

Los parámetros de calidad de agua son el conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos que permiten evaluar el estado del recurso hídrico y determinar su aptitud para diferentes usos, tales como consumo humano, riego agrícola, bebida de animales, uso industrial o conservación de ecosistemas. Estos parámetros se miden mediante métodos estandarizados de laboratorio y campo, y sus valores se comparan con normas o estándares ambientales establecidos por las autoridades competentes (Ministerio del Ambiente, 2016).

a. Parámetros físicos. Los parámetros físicos describen las características observables o medibles del agua sin alterar su composición química. Entre los principales se encuentran la temperatura, el color, el olor, el sabor, la turbidez y los sólidos suspendidos totales (Barrenechea, 2004).

- Temperatura: influye en la solubilidad del oxígeno y en las reacciones químicas y biológicas.
- Turbidez: indica la presencia de partículas en suspensión que reducen la transparencia del agua.
- Sólidos disueltos totales (SDT): representan la cantidad de sales y minerales disueltos.

- Conductividad eléctrica (CE): mide la capacidad del agua para conducir electricidad, asociada a la concentración de iones disueltos.

b. Parámetros químicos.

Los parámetros químicos evalúan la composición del agua y la presencia de sustancias que pueden ser beneficiosas o contaminantes. Entre los más relevantes se encuentran (Samboni et al., 2007):

- pH: indica el grado de acidez o alcalinidad.
- Oxígeno disuelto (OD): esencial para la vida acuática.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): mide la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para descomponer materia orgánica.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): determina la cantidad total de materia orgánica susceptible de oxidación.
- Nutrientes (nitratos y fosfatos): en exceso pueden generar eutrofización.
- Metales pesados (plomo, cadmio, mercurio): tóxicos incluso en bajas concentraciones.
- Aceites y grasas: indican contaminación por actividades domésticas o industriales.

Estos parámetros son fundamentales para detectar contaminación y evaluar riesgos ambientales y sanitarios.

c. Parámetros biológicos. Los parámetros biológicos determinan la presencia de organismos vivos o microorganismos que pueden afectar la salud humana o el equilibrio ecológico. Entre ellos destacan (Zegarra, 2018):

- Coliformes totales y coliformes termotolerantes (o fecales): indicadores de contaminación de origen fecal.
- Escherichia coli (E. coli): evidencia contaminación reciente por materia fecal.
- Macroinvertebrados acuáticos: utilizados como bioindicadores del estado ecológico del agua.

2.1.7. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) son instrumentos de gestión ambiental que establecen los niveles máximos permisibles de concentración de sustancias, parámetros físicos, químicos o biológicos presentes en el ambiente, con el fin de proteger la salud humana y los ecosistemas. Constituyen valores de referencia que permiten evaluar si la calidad de un componente ambiental como agua, aire o suelo cumple con condiciones adecuadas para determinados usos o si presenta riesgos ambientales o sanitarios (MINAM, 2023).

En el caso del agua, los ECA establecen límites para diversos parámetros como pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas, metales pesados y microorganismos indicadores como coliformes. Además, clasifican el recurso hídrico según su uso (por ejemplo, consumo humano, riego de vegetales, bebida de animales, recreación o conservación del ambiente acuático), asignando valores máximos permisibles específicos para cada categoría (DIRESA, 2018).

En el Perú, los ECA son aprobados mediante decretos supremos emitidos por el Ministerio del Ambiente y forman parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Estos estándares son de cumplimiento obligatorio y sirven como base para la evaluación de impacto ambiental, el monitoreo ambiental y la adopción de medidas correctivas cuando se detectan incumplimientos. Asimismo, permiten comparar resultados de monitoreo con valores normativos oficiales, facilitando la interpretación técnica de la calidad ambiental (MINAM, 2017).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua. Sustancia química inorgánica compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O), esencial para la vida y caracterizada por su alta capacidad disolvente y propiedades fisicoquímicas particulares. (Rodríguez, 2001; Blesa, 2012; UNICEF, 2023).

Agua de los ríos. Recurso hídrico superficial que fluye por cauces naturales y forma parte del ciclo hidrológico, transportando agua, sedimentos y nutrientes desde zonas altas

hacia zonas bajas. Su calidad depende de factores geológicos, climáticos y de las actividades humanas desarrolladas en la cuenca (Miller & Orbock, 2007; Escobar, 2002).

Calidad del agua. Conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan la aptitud del agua para un uso específico. Se evalúa mediante estándares nacionales e internacionales que establecen límites permisibles para diversos parámetros (Chávez & Alberto, 2018; Sierra, 2011; Organización Mundial de la Salud).

Contaminación de ríos. Proceso de alteración de las aguas fluviales por la incorporación de sustancias o energía que superan su capacidad de autodepuración, afectando ecosistemas y salud humana. Puede manifestarse mediante cambios físicos, químicos y biológicos que deterioran la calidad del recurso hídrico (Martínez, 2021; Escobar, 2002).

Contaminación del agua. Alteración de las características naturales del agua debido a la presencia de contaminantes de origen doméstico, industrial, agrícola o minero. Genera impactos ambientales, sanitarios y sociales, y puede provenir de fuentes puntuales o difusas (García, 2009; OXFAM, 2016).

Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Instrumentos normativos que establecen niveles máximos permisibles de sustancias o parámetros en el ambiente para proteger la salud y los ecosistemas. En el Perú son aprobados por el Ministerio del Ambiente y clasifican el recurso hídrico según su uso (MINAM, 2017; MINAM, 2023; DIRESA, 2018).

Parámetros de calidad de agua. Indicadores físicos, químicos y biológicos utilizados para evaluar el estado del recurso hídrico y su aptitud para diferentes usos. Incluyen variables como pH, temperatura, DBO, DQO, conductividad eléctrica, coliformes y metales pesados (Ministerio del Ambiente, 2016; Samboni et al., 2007; Zegarra, 2018).

2.3. MARCO TEÓRICO LEGAL

Organización Mundial de la Salud (OMS). La Organización Mundial de la Salud establece las Guías sobre la calidad del agua potable, las cuales contienen criterios técnicos para proteger la salud humana frente a riesgos microbiológicos y químicos asociados al consumo de agua. Estas directrices sirven como referencia para la formulación de normas nacionales relacionadas con la calidad del recurso hídrico.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). La Organización de las Naciones Unidas reconoce el acceso al agua potable y al saneamiento como un derecho humano fundamental. Asimismo, a través del Objetivo de Desarrollo Sostenible N.º 6 (ODS 6), promueve la gestión sostenible del agua y el acceso universal a este recurso.

Constitución Política del Perú (1993). Establece en su artículo 2, inciso 22, que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Este principio constitucional sustenta la protección y conservación de los recursos hídricos.

Ley General del Ambiente – Ley N.º 28611. Establece los principios y normas básicas para asegurar el ejercicio efectivo del derecho a un ambiente saludable. Dispone que el Estado debe prevenir y controlar la contaminación ambiental, incluyendo la protección de la calidad del agua.

Ley de Recursos Hídricos – Ley N.º 29338. Regula el uso y gestión integrada del agua en el territorio nacional. Reconoce al agua como recurso natural estratégico y establece que su uso debe realizarse bajo criterios de sostenibilidad, priorizando el consumo humano y la seguridad alimentaria.

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Aprobados mediante Decreto Supremo por el Ministerio del Ambiente, establecen los valores máximos permisibles de parámetros físicos, químicos y biológicos en cuerpos de agua.

Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. Establece disposiciones complementarias para la gestión, monitoreo y fiscalización del recurso hídrico, así como los criterios técnicos para la protección de la calidad del agua.

Autoridad Nacional del Agua (ANA). La Autoridad Nacional del Agua es el ente rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, responsable de supervisar y garantizar el uso sostenible del agua, así como de promover el monitoreo de su calidad en las cuencas hidrográficas.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua del río Totorani es apta para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno – 2026.
- Los parámetros microbiológicos del agua del río Totorani no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno – 2026.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en el ámbito del Río Totorani, ubicado en la Comunidad Campesina de Totorani, perteneciente al distrito de Puno, provincia de Puno, región Puno. El río Totorani constituye una fuente hídrica de importancia local, utilizada principalmente para el riego de vegetales y la bebida de animales, actividades fundamentales para la economía y subsistencia de la población rural de la zona.

El área de estudio se localiza en la zona altoandina del sur del Perú, a una altitud promedio superior a los 3 800 m s. n. m., característica del altiplano puneño. De acuerdo con la cartografía oficial y referencias geográficas de la zona, el tramo evaluado del río Totorani se ubica aproximadamente en las siguientes coordenadas UTM (referenciales):

- Zona: 19 L
- Este (E): 390 000 - 395 000 m
- Norte (N): 8 255 000 - 8 260 000 m

Estas coordenadas corresponden al sector donde el recurso hídrico es aprovechado directamente por la población de la comunidad campesina para actividades agropecuarias.

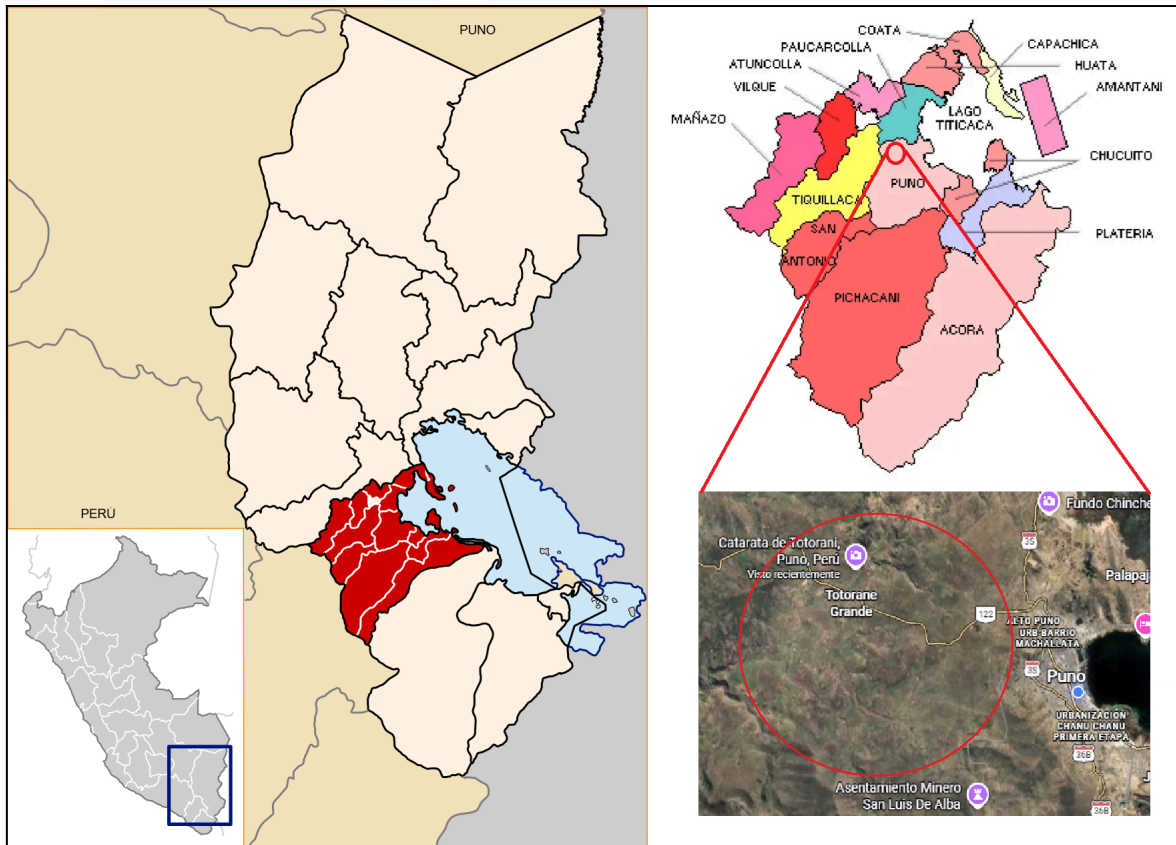


Figura 01: Ubicación de la comunidad de Totorani en el distrito de Puno.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio está constituida por el cuerpo de agua del Río Totorani en el tramo que atraviesa la Comunidad Campesina de Totorani, ubicada en el distrito de Puno. Dicho tramo presenta una longitud aproximada de 4.7 kilómetros, a lo largo de los cuales el recurso hídrico es utilizado principalmente para el riego de vegetales y la bebida de animales.

Este tramo del río representa el ámbito espacial donde se desarrollan las actividades agropecuarias de la comunidad y donde existe una interacción directa entre el recurso hídrico y las actividades humanas, motivo por el cual constituye la población total del estudio.

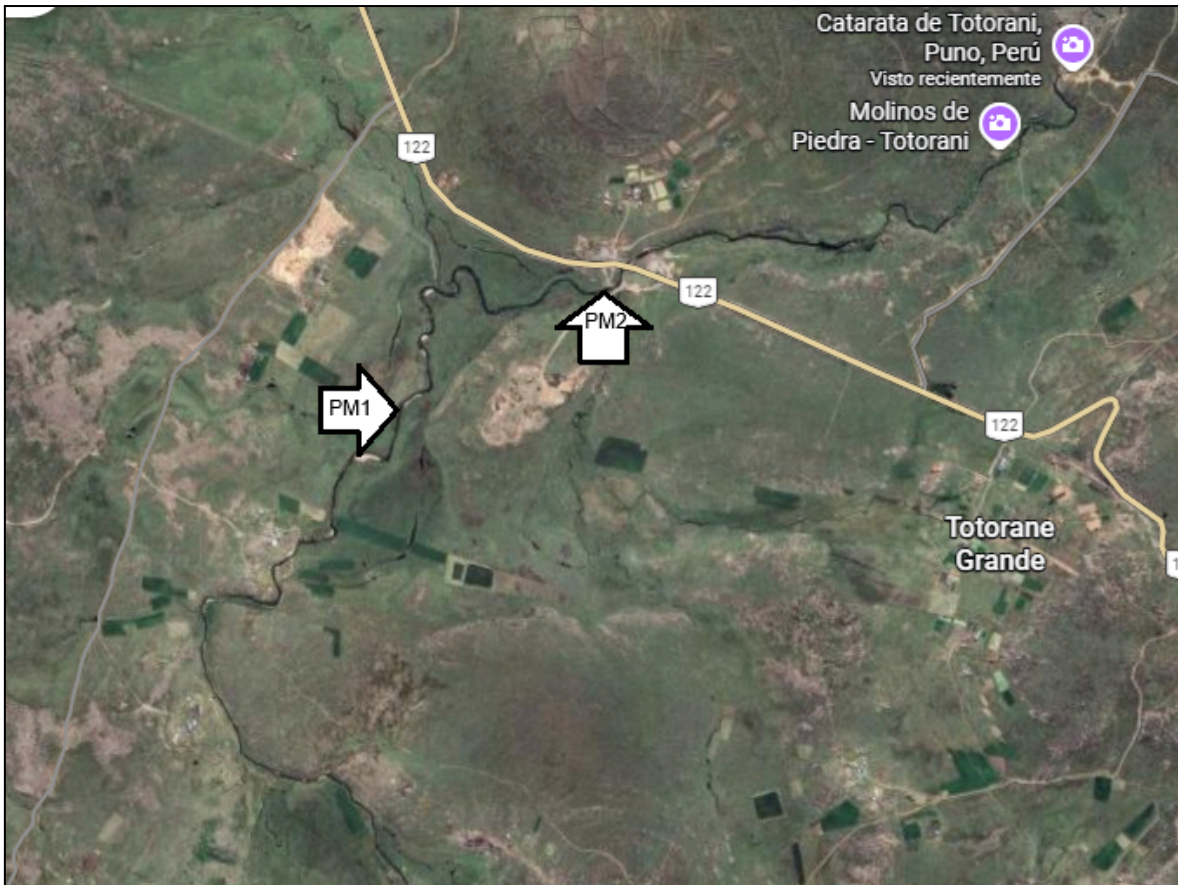


Figura 02: Tramo del río Totorani que atraviesa la comunidad campesina de Totorani.

Fuente: Google Maps.

3.2.2. MUESTRA

La muestra fue no probabilística, puntual y por conveniencia, seleccionándose dos puntos de muestreo representativos a lo largo del tramo del río Totorani que atraviesa la comunidad campesina de Totorani. Los puntos de muestreo fueron establecidos considerando criterios técnicos de accesibilidad, representatividad y uso del agua, ubicándose de la siguiente manera:

Tabla 01: Coordenadas UTM de los puntos de muestreo.

Denominación	Coordenadas UTM
PM1	Zona 19 S 391 200 m ESTE 8 250 300 m NORTE
PM2	Zona 19 S 390 900 m ESTE 8 249 950 m NORTE

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación es de tipo **descriptiva**, ya que se orienta a describir y evaluar la calidad del agua del Río Totorani mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Este tipo de investigación permite caracterizar el estado actual del recurso hídrico en el tramo del río que atraviesa la comunidad campesina de Totorani, sin establecer relaciones de causalidad entre variables.

3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El diseño de la investigación es **no experimental**, debido a que las variables de estudio no son manipuladas de manera intencional, sino observadas y analizadas en su ambiente natural. Asimismo, el estudio es de tipo transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un único momento en el tiempo, permitiendo obtener información representativa del estado de la calidad del agua durante el período de evaluación..

3.3.3. MÉTODO.

El método empleado fue deductivo y cuantitativo. El método deductivo permitió partir de criterios generales establecidos en la normativa ambiental vigente, específicamente los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, para contrastarlos con los resultados obtenidos del análisis del agua del río Totorani.

3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 01. EVALUAR LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO TOTORANI Y COMPARARLOS CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA - CATEGORÍA 3, EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI, DISTRITO DE PUNO – 2026.

a. Estimación de la calidad de agua:

La estimación de la calidad del agua del Río Totorani se realizó mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 3, correspondientes al uso en riego de vegetales y bebida de animales. Los resultados obtenidos permitieron determinar el grado de cumplimiento de la normativa ambiental vigente y establecer la aptitud del recurso hídrico para los usos mencionados.

La interpretación de los resultados se efectuó considerando criterios técnicos y valores de referencia establecidos en la normativa nacional, permitiendo una evaluación objetiva y sistemática de la calidad del agua en el tramo del río que atraviesa la comunidad campesina de Totorani.

b. Recolección de muestra de agua:

La recolección de las muestras de agua se realizó en dos puntos de muestreo previamente establecidos a lo largo del tramo del río Totorani dentro de la comunidad campesina de Totorani. El muestreo fue puntual y por conveniencia, efectuándose una sola toma de muestra por punto, de acuerdo con el carácter descriptivo de la investigación.

Las muestras fueron recolectadas utilizando envases limpios y estériles, debidamente rotulados, siguiendo los criterios técnicos establecidos en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA. Posteriormente, las muestras fueron conservadas en condiciones adecuadas y trasladadas al laboratorio para su análisis correspondiente.

c. Análisis de Parámetros físicos químicos en laboratorio:

El análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani se realizó en un laboratorio acreditado, empleando métodos estandarizados y equipos calibrados, garantizando la confiabilidad de los resultados obtenidos. Entre los parámetros analizados se consideraron el pH, la conductividad eléctrica, los sólidos disueltos totales, los nitratos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y otros indicadores relevantes para la evaluación de la calidad del agua.

Los resultados de laboratorio fueron registrados en fichas técnicas y posteriormente comparados con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3, permitiendo determinar el nivel de cumplimiento normativo y la calidad del agua del río para su uso en riego agrícola y bebida de animales.

PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 02. EVALUAR LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DEL RÍO TOTORANI Y COMPARARLOS CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA - CATEGORÍA 3, EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI, DISTRITO DE PUNO - 2026.

Recolección de muestras:

La recolección de muestras de agua para el análisis microbiológico del Río Totorani se realizó en los puntos de muestreo previamente establecidos dentro de la comunidad campesina de Totorani, siguiendo criterios técnicos que permitan evitar la contaminación cruzada y garantizar la representatividad de las muestras.

Las muestras fueron recolectadas en frascos estériles, previamente rotulados, evitando el contacto directo con las manos o superficies externas. Para la toma de muestra, el frasco se introdujo a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm bajo la superficie del agua, orientándose en dirección contraria a la corriente del río, a fin de obtener una muestra representativa del cuerpo de agua.

Una vez recolectadas, las muestras fueron conservadas en condiciones de refrigeración (4 ± 2 °C) y transportadas en un tiempo no mayor a 6 horas hasta el laboratorio, con el objetivo de preservar las características microbiológicas originales del agua. Durante el

traslado se mantuvo la cadena de custodia, registrándose la fecha, hora y lugar de muestreo.

Etapa de laboratorio

El análisis de los parámetros microbiológicos del agua del Río Totorani se realizó en laboratorio, siguiendo métodos microbiológicos estandarizados y procedimientos establecidos para la determinación de coliformes termotolerantes, indicador fundamental de contaminación microbiológica en cuerpos de agua destinados al riego de vegetales y bebida de animales.

Las muestras fueron procesadas bajo condiciones controladas, utilizando materiales y medios de cultivo adecuados, con el fin de garantizar la confiabilidad y reproducibilidad de los resultados.

Fase presuntiva

En la fase presuntiva se procedió a la detección inicial de coliformes termotolerantes mediante la inoculación de las muestras de agua en medios de cultivo selectivos, los cuales permiten evidenciar la posible presencia de microorganismos coliformes a través de cambios característicos, como la producción de gas o turbidez del medio, luego de un período de incubación a temperatura controlada.

Fase confirmativa

La fase confirmativa tuvo como finalidad verificar la presencia de coliformes termotolerantes detectados en la fase presuntiva. Para ello, las muestras positivas fueron sembradas en medios de cultivo confirmatorios, incubándose a temperaturas específicas que favorecen el crecimiento de este grupo de microorganismos.

La confirmación se estableció en función de las características bioquímicas y de crecimiento observadas, permitiendo cuantificar los coliformes termotolerantes y expresar los resultados en unidades formadoras de colonias (UFC) o número más probable (NMP), según el método empleado. Finalmente, los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - Categoría 3, con el fin de determinar la aptitud microbiológica del agua del río para los usos evaluados.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Operacionalización de variables de la investigación.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	
Variable Independiente Concentración de parámetros.	Fisicoquímicos	pH	Análisis de laboratorio.	
		Conductividad Eléctrica		
		Sólidos disueltos totales		
		Parámetros		Dureza total
		Alcalinidad		
		Cloruros		
		Sulfatos		
		Calcio		
		Nitratos		
		Magnesio		
Variable Dependiente Calidad del agua.	Microbiológicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno	3: Ficha de evaluación / Matriz de comparación normativa (DS N.º 004-2017-MINAM)	
		Demanda Química de Oxígeno		
		Parámetros		Coliformes totales
		Coliformes termotolerantes		
		<i>Escherichia coli</i>		
		Cumplimiento		ECA - CAT
		DS-004-2017-MINAM		

3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El método estadístico utilizado en la presente investigación fue descriptivo, acorde con el tipo y diseño del estudio. Los datos obtenidos a partir del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua del Río Totorani fueron organizados, procesados y analizados mediante estadística descriptiva, con el fin de caracterizar la calidad del recurso hídrico en los puntos de muestreo establecidos.

Los resultados de los parámetros evaluados fueron registrados en tablas de frecuencia y cuadros comparativos, calculándose valores representativos como promedios y rangos, según correspondió. Posteriormente, dichos resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – Categoría 3, lo que permitió determinar el grado de cumplimiento normativo de cada parámetro analizado.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO TOTORANI COMPARADOS CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA - CATEGORÍA 3, EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI, DISTRITO DE PUNO, 2026.

Tabla 03: Concentración de los parámetros fisicoquímicos en las muestras de agua del río Totorani.

N°	Parámetros físico químicos	Unidad	PM1	PM2	Promedio
1	pH	Unidad	7.26	7.14	7.20
2	Conductividad Eléctrica	uS/cm	690	710	700.00
3	Sólidos disueltos totales	g/L	0.34	0.31	0.32
4	Dureza total	mg/L	380	394	387.00
5	Alcalinidad	mg/L	161.98	160	160.99
6	Cloruros	mg/L	104.96	100	102.48
7	Sulfatos	mg/L	146	151	148.50
8	Calcio	mg/L	98.9	115.12	107.01
9	Nitratos	mg/L	0.02	0.05	0.035
10	Magnesio	mg/L	32.1	30.11	31.105

N°	Parámetros físico químicos	Unidad	PM1	PM2	Promedio	
11	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L		6	5.1	5.55
12	Demanda Química de Oxígeno	mg/L		10.3	9	9.65

Fuente: En base a los datos de análisis de los Anexos 03 y 04.

Los resultados de la Tabla 03 muestran que el agua del Río Totorani presenta características fisicoquímicas propias de un cuerpo de agua superficial de zona altoandina, influenciado por condiciones naturales y actividades agropecuarias de su entorno.

El pH promedio de 7.20 indica que el agua se encuentra en condiciones cercanas a la neutralidad, lo que sugiere un equilibrio químico adecuado y una baja presencia de procesos de acidificación o alcalinización extrema. Este comportamiento favorece la estabilidad de los procesos fisicoquímicos que ocurren en el cuerpo de agua.

La conductividad eléctrica, con un valor promedio de 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, refleja la presencia de sales disueltas en el agua, asociadas a la composición mineral del suelo y a la disolución natural de compuestos inorgánicos. Este resultado se encuentra relacionado con los sólidos disueltos totales, cuyo promedio fue de 0.32 g/L, evidenciando una carga moderada de sustancias disueltas.

La dureza total, con un promedio de 387 mg/L, está vinculada principalmente a la presencia de calcio y magnesio, cuyos valores promedio fueron 107.01 mg/L y 31.105 mg/L, respectivamente. Estos parámetros indican una influencia significativa de minerales carbonatados y sulfatos provenientes de la geología local. Asimismo, la alcalinidad promedio de 160.99 mg/L sugiere una adecuada capacidad amortiguadora del agua frente a variaciones del pH.

En relación con los iones mayoritarios, los cloruros presentaron un promedio de 102.48 mg/L, mientras que los sulfatos alcanzaron un valor promedio de 148.50 mg/L, lo cual evidencia la presencia de sales inorgánicas disueltas que pueden tener origen natural o estar asociadas a actividades humanas desarrolladas en la zona de influencia del río.

Los nitratos, con un promedio de 0.035 mg/L, mostraron concentraciones bajas, lo que sugiere una limitada acumulación de compuestos nitrogenados disueltos en el agua durante el período de muestreo. Este comportamiento puede estar relacionado con procesos de dilución natural o con una baja carga de nutrientes en el cuerpo de agua.

Respecto a la materia orgánica, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) presentó un valor promedio de 5.55 mg/L, mientras que la Demanda Química de Oxígeno (DQO) alcanzó un promedio de 9.65 mg/L. Estos valores reflejan la presencia de materia orgánica biodegradable y no biodegradable en el agua, asociada a procesos naturales y a aportes orgánicos del entorno, evidenciando una carga orgánica presente en el sistema fluvial.

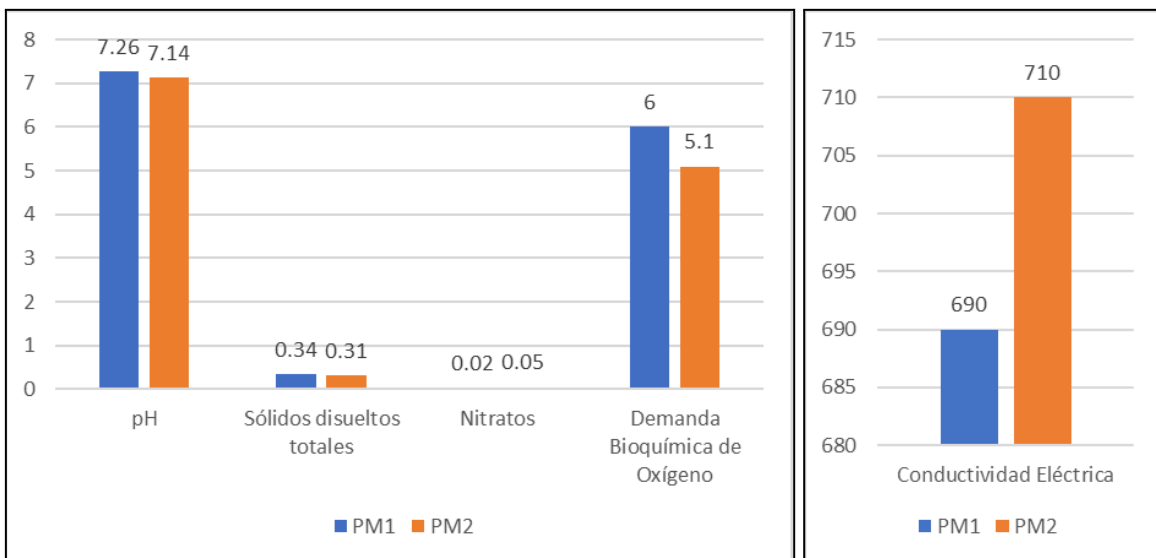


Figura 03: Comparación de la concentración de parámetros fisicoquímicos entre las 02 muestras.

El análisis comparativo de la figura 03, de los resultados obtenidos en los puntos de muestreo PM1 y PM2 permite identificar variaciones espaciales en las características fisicoquímicas del agua del río Totorani, asociadas a procesos naturales y a la influencia de actividades desarrolladas en su entorno inmediato.

El pH presentó valores ligeramente mayores en el punto PM-1 (7.26) respecto al punto PM-2 (7.14), manteniéndose en ambos casos dentro de un rango cercano a la neutralidad. Esta ligera disminución aguas abajo sugiere variaciones menores en el

equilibrio químico del agua, posiblemente relacionadas con aportes naturales o procesos de dilución.

La conductividad eléctrica mostró un incremento de 690 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en PM-1 a 710 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en PM-2, lo que indica un aumento en la concentración de sales disueltas a lo largo del recorrido del río dentro de la comunidad. Este comportamiento se refleja parcialmente en los sólidos disueltos totales, los cuales disminuyeron de 0.34 g/L en PM-1 a 0.31 g/L en PM-2, evidenciando diferencias en la composición iónica del agua entre ambos puntos.

La dureza total presentó valores más elevados en PM-2 (394 mg/L) en comparación con PM-1 (380 mg/L), lo cual se relaciona con el incremento observado en la concentración de calcio, que pasó de 98.9 mg/L en PM-1 a 115.12 mg/L en PM-2. En contraste, el magnesio mostró una ligera disminución en PM-2, lo que sugiere que el aumento de la dureza está principalmente asociado al calcio.

La alcalinidad se mantuvo prácticamente constante en ambos puntos de muestreo, con valores muy similares (161.98 mg/L en PM-1 y 160 mg/L en PM-2), lo que indica una estabilidad en la capacidad amortiguadora del agua a lo largo del tramo evaluado.

En cuanto a los iones mayoritarios, los cloruros mostraron una ligera disminución de 104.96 mg/L en PM-1 a 100 mg/L en PM-2, mientras que los sulfatos evidenciaron un leve incremento de 146 mg/L a 151 mg/L. Estas variaciones reflejan cambios graduales en la composición química del agua, posiblemente influenciados por aportes geológicos o actividades humanas dispersas.

Los nitratos presentaron un aumento de 0.02 mg/L en PM-1 a 0.05 mg/L en PM-2, lo que sugiere una mayor presencia de compuestos nitrogenados disueltos aguas abajo, posiblemente asociada a escorrentía superficial o actividades agropecuarias cercanas al cauce.

Respecto a la materia orgánica, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) disminuyó de 6.0 mg/L en PM-1 a 5.1 mg/L en PM-2, al igual que la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que descendió de 10.3 mg/L a 9.0 mg/L. Esta reducción sugiere una menor carga

de materia orgánica biodegradable y total en el punto PM-2, lo que podría estar relacionado con procesos de autodepuración natural del río a lo largo de su recorrido.

Tabla 04: Verificación del cumplimiento de parámetros físico químicos con los ECA - CAT 3-D1: Riego de vegetales, DS-004-2017-MINAM.

N°	Parámetros físico químicos	Unidad	Promedio	ECA 3-D1	CUMPLE
1	pH	Unidad	7.2	6.5-8.5	SI
2	Conductividad Eléctrica	uS/cm	700	2500	SI
3	Sólidos disueltos totales	g/L	0.325	ND	SI
4	Dureza total	mg/L	387	ND	SI
5	Alcalinidad	mg/L	160.99	ND	SI
6	Cloruros	mg/L	102.48	500	SI
7	Sulfatos	mg/L	148.5	1000	SI
8	Calcio	mg/L	107.01	ND	SI
9	Nitratos	mg/L	0.035	100	SI
10	Magnesio	mg/L	31.105	ND	SI
11	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5.55	15	SI
12	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	9.65	40	SI

ECA 3-D1: Categoría 3 - D1: Riego de vegetales.

ND: El parámetro no aplica para ésta subcategoría.

La Tabla 04 presenta la verificación del cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos evaluados en las muestras de agua del río Totorani, considerando los valores promedio obtenidos y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 – D1 (Riego de vegetales), establecidos por el Ministerio del Ambiente mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Los resultados muestran que el 100 % de los parámetros fisicoquímicos analizados cumplen con los valores establecidos en la normativa vigente para la subcategoría D1. El pH promedio registrado se encuentra dentro del rango permitido, evidenciando condiciones adecuadas de acidez–alcalinidad del agua. De igual manera, la conductividad eléctrica, cloruros, sulfatos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) presentan valores inferiores a los límites máximos permisibles, confirmando su conformidad normativa.

Asimismo, los parámetros tales como sólidos disueltos totales, dureza total, alcalinidad, calcio y magnesio, al no contar con valores límite específicos para esta subcategoría (ND), son considerados como conformes dentro del marco regulatorio, manteniéndose el criterio de cumplimiento general.

En conjunto, los resultados consignados en la Tabla 04 evidencian que el agua del río Totorani, en el tramo evaluado, cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para su uso en riego de vegetales, según la normativa ambiental peruana vigente.

Tabla 05: Verificación del cumplimiento de parámetros físico químicos con los ECA - CAT
3-D2: bebida de animales del DS-004-2017-MINAM.

N°	Parámetros físico químicos	Unidad	Promedio	ECA 3-D2	CUMPLE
1	pH	Unidad	7.2	6.5-8.4	SI
2	Conductividad Eléctrica	uS/cm	700	5000	SI
3	Sólidos disueltos totales	g/L	0.325	ND	SI
4	Dureza total	mg/L	387	ND	SI
5	Alcalinidad	mg/L	160.99	ND	SI
6	Cloruros	mg/L	102.48	500	SI
7	Sulfatos	mg/L	148.5	1000	SI
8	Calcio	mg/L	107.01	ND	SI
9	Nitratos	mg/L	0.035	100	SI
10	Magnesio	mg/L	31.105	250	SI
11	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5.55	15	SI
12	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	9.65	40	SI

ECA 3-D2: Categoría 3 - D2: Bebida de animales.

ND: El parámetro no aplica para ésta subcategoría.

La Tabla 05 presenta la verificación del cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos analizados en las muestras de agua del río Totorani, considerando los valores promedio obtenidos y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 – D2 (Bebida de animales), establecidos por el Ministerio del Ambiente mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Los resultados evidencian que todos los parámetros fisicoquímicos evaluados cumplen con los valores establecidos para la subcategoría D2. El pH promedio registrado se

encuentra dentro del rango permitido, lo que indica condiciones adecuadas de acidez–alcalinidad para el consumo animal. De igual forma, la conductividad eléctrica presenta un valor considerablemente inferior al límite máximo permitido, evidenciando una mineralización compatible con este uso.

Los parámetros relacionados con la salinidad del agua, como cloruros y sulfatos, muestran concentraciones muy por debajo de los valores máximos establecidos, lo que sugiere una baja probabilidad de efectos adversos en la salud animal. Asimismo, la concentración de nitratos se mantiene ampliamente dentro del estándar permisible, indicando ausencia de contaminación significativa por compuestos nitrogenados.

Respecto al magnesio, parámetro que sí cuenta con valor límite para esta subcategoría, el resultado promedio obtenido se encuentra muy por debajo del estándar establecido, confirmando su conformidad. Por otro lado, los parámetros sólidos disueltos totales, dureza total, alcalinidad y calcio no presentan valores límite específicos (ND) para la subcategoría D2, por lo que son considerados conformes dentro del marco normativo vigente.

Finalmente, los valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) cumplen con los estándares establecidos, lo que evidencia una carga orgánica compatible con el uso del agua para bebida de animales.

En conjunto, los resultados consignados en la Tabla 05 indican que el agua del río Totorani, en el tramo evaluado, cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para su uso como bebida de animales, conforme a la normativa ambiental peruana vigente.

4.2. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DEL RÍO TOTORANI COMPARADOS CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA – CATEGORÍA 3, EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI, DISTRITO DE PUNO, 2026.

Tabla 06: Concentración de los parámetros microbiológicos en las muestras de agua del río Totorani.

N°	Parámetros físico químicos	Unidad	PM1	PM2	Promedio
1	Coliformes totales	NMP/100 ml	<3	<3	<3
2	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	<3	<3	<3
3	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	0	0

Fuente: En base a los datos de análisis de los Anexos 03 y 04.

En la tabla 06, se muestran los resultados microbiológicos obtenidos del análisis de las muestras de agua del Río Totorani evidencian una baja presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal y bacteriológica en el tramo evaluado. La concentración de coliformes totales registrada se mantiene por debajo del límite de detección del método analítico (<3 NMP/100 ml), lo que sugiere condiciones sanitarias favorables y una reducida influencia de fuentes de contaminación de origen antrópico o natural.

De igual manera, los coliformes termotolerantes, considerados indicadores más específicos de contaminación fecal reciente, presentan valores igualmente inferiores al umbral de detección, lo que permite inferir una escasa o nula incorporación de desechos orgánicos de origen humano o animal al cuerpo de agua durante el periodo de muestreo. La ausencia de *Escherichia coli* en las muestras analizadas refuerza la interpretación de un buen estado microbiológico del agua, ya que este microorganismo es un indicador directo de contaminación fecal. Su no detección sugiere que el sistema fluvial evaluado no presenta condiciones que favorezcan la supervivencia o proliferación de bacterias patógenas asociadas a riesgos sanitarios.

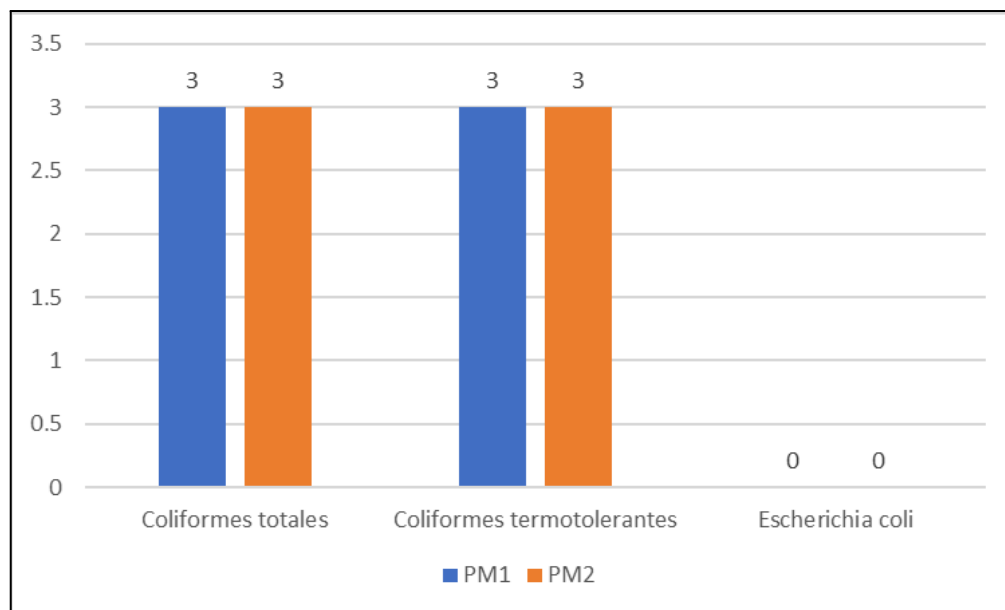


Figura 04: Comparación de la concentración de parámetros microbiológicos entre las 02 muestras.

Los resultados microbiológicos obtenidos en las muestras de agua del Río Totorani evidencian un comportamiento homogéneo entre los puntos de muestreo PM1 y PM2 para todos los parámetros evaluados.

En el caso de los coliformes totales, ambos puntos de muestreo registraron concentraciones menores a 3 NMP/100 ml. Esta similitud indica que, a lo largo del tramo evaluado, no se identifican variaciones significativas en la carga bacteriana general asociada a materia orgánica o contaminación difusa. La uniformidad de los valores sugiere condiciones microbiológicas estables dentro del sector analizado del río.

Respecto a los coliformes termotolerantes, los resultados también fueron inferiores al límite de detección en ambos puntos de muestreo. La coincidencia de estos valores entre PM1 y PM2 indica ausencia de aportes diferenciados de contaminación fecal reciente en el tramo estudiado, lo que refleja una distribución uniforme de este parámetro microbiológico a lo largo del recorrido evaluado.

Asimismo, el análisis de *Escherichia coli* mostró ausencia total en ambos puntos de muestreo, registrándose valores nulos. La falta de variación entre PM1 y PM2 refuerza la

interpretación de que no existen focos puntuales de contaminación microbiológica que influyan de manera diferenciada en alguno de los puntos evaluados.

Tabla 07: Verificación del cumplimiento de parámetros microbiológicos con los ECA - CAT 3-D1: riego de vegetales, DS-004-2017-MINAM.

N°	Parámetros microbiológicos	Unidad	Promedio	ECA 3-D1	CUMPLE
1	Coliformes totales	NMP/100 ml	<3	ND	SI
2	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	<3	1000	SI
3	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	1000	SI

ECA 3-D1: Categoría 3 - D1: Riego de vegetales.

ND: El parámetro no aplica para ésta subcategoría.

La Tabla 07 presenta la verificación del cumplimiento de los parámetros microbiológicos evaluados en las muestras de agua del Río Totorani, considerando los valores promedio obtenidos y su contraste con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 – D1 (Riego de vegetales), establecidos por el Ministerio del Ambiente mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Los resultados muestran que los coliformes totales presentan un valor promedio inferior a 3 NMP/100 ml; al no contar con un valor límite específico para esta subcategoría (ND), el parámetro se considera conforme dentro del marco normativo. En cuanto a los coliformes termotolerantes, el valor promedio registrado es inferior al límite máximo permitido, evidenciando su cumplimiento con el estándar establecido para riego de vegetales.

Asimismo, la *Escherichia coli* presenta ausencia en las muestras analizadas, registrando un valor promedio de 0 NMP/100 ml, lo que se encuentra dentro de los límites permitidos por la normativa vigente para esta subcategoría.

En conjunto, los resultados consignados en la Tabla 07 indican que los parámetros microbiológicos evaluados cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) – Categoría 3-D1, evidenciando condiciones microbiológicas adecuadas del agua del río Totorani para su uso en riego de vegetales.

Tabla 08: Verificación del cumplimiento de parámetros microbiológicos con los ECA - CAT 3-D2: bebida de animales del DS-004-2017-MINAM.

N°	Parámetros físico químicos	Unidad	Promedio	ECA 3-D2	CUMPLE
1	Coliformes totales	NMP/100 ml	<3	ND	SI
2	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	<3	1000	SI
3	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	ND	SI

ECA 3-D2: Categoría 3 - D2: Bebida de animales.

ND: El parámetro no aplica para ésta subcategoría.

La Tabla 08 presenta la verificación del cumplimiento de los parámetros microbiológicos analizados en las muestras de agua del Río Totorani, considerando los valores promedio obtenidos y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 – D2 (Bebida de animales), establecidos por el Ministerio del Ambiente mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Los resultados indican que los coliformes totales presentan un valor promedio inferior a 3 NMP/100 ml; al no contar con un valor límite específico para esta subcategoría (ND), el parámetro se considera conforme dentro del marco normativo vigente. En el caso de los coliformes termotolerantes, el valor promedio registrado se encuentra muy por debajo del límite máximo permitido, evidenciando su cumplimiento con los estándares establecidos para el uso del agua como bebida de animales.

Asimismo, el análisis de *Escherichia coli* mostró ausencia en las muestras evaluadas, registrando un valor promedio de 0 NMP/100 ml. Dado que este parámetro no presenta un valor límite específico para la subcategoría D2 (ND), se considera conforme según los criterios normativos aplicables.

En conjunto, los resultados consignados en la Tabla 08 evidencian que los parámetros microbiológicos evaluados cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) - Categoría 3-D2, indicando condiciones microbiológicas adecuadas del agua del río Totorani para su uso como bebida de animales.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A nivel internacional, Sánchez y Villamil (2022), reportaron una problemática ambiental y sanitaria persistente en el río Bogotá, destacando la presencia continua de contaminantes y la necesidad de fortalecer estrategias de mitigación. En contraste, los resultados del río Totorani no evidencian concentraciones críticas de contaminantes ni incumplimientos normativos, lo que sugiere que este cuerpo de agua no presenta el grado de presión antrópica descrito en el caso colombiano. De manera similar, Uribe et al. (2023), al evaluar el río Fucha mediante el índice ICACOSU, determinaron una calidad “muy mala” en determinados puntos, registrando valores extremadamente bajos de oxígeno disuelto (0,35 y 0,17 mg/L) y una DBO₅ elevada (112 mg/L), lo que indica alta carga orgánica y deterioro severo. En clara contradicción, en el río Totorani se registró una DBO promedio de 5,55 mg/L y una DQO de 9,65 mg/L, valores considerablemente inferiores y dentro de los límites establecidos para la Categoría 3. Esto evidencia una menor carga orgánica y una mejor condición ambiental del ecosistema evaluado.

A nivel nacional, Macedo (2022) determinó que la quebrada Camaná no cumple con los ECA en parámetros como pH y coliformes termotolerantes, evidenciando contaminación microbiológica significativa. En contraste, en el río Totorani los coliformes totales y termotolerantes fueron <3 NMP/100 ml y *Escherichia coli* presentó ausencia (0 NMP/100 ml), lo que demuestra condiciones microbiológicas favorables y cumplimiento normativo total. Asimismo, Muñoz y Ruiz (2023) reportaron incumplimiento de la Categoría 3 en el río Chinchipe debido a valores elevados de DQO (80,18 mg/L), aceites y grasas, y contaminación microbiológica (>1600 NMP/100 ml). En oposición, la DQO en el río Totorani fue de 9,65 mg/L y no se registraron concentraciones microbiológicas significativas, evidenciando una condición ambiental sustancialmente más estable.

Montañez y Peralta (2024) identificaron variaciones microbiológicas importantes en el río Lucre, alcanzando hasta 3 500 NMP/100 ml de coliformes fecales y presencia considerable de *Escherichia coli*. Estos resultados contrastan directamente con la

ausencia de *E. coli* en el río Totorani, lo cual sugiere una menor influencia de descargas fecales o actividades antrópicas directas en el tramo evaluado.

Por otro lado, Ricappa (2024) detectó presencia de *Escherichia coli* en el río Tarma, superando valores referenciales para uso recreacional, pese a que otros parámetros se mantenían dentro de límites. En contradicción, el río Totorani no presentó detección de *E. coli*, lo que refuerza su mejor condición microbiológica en comparación con el estudio citado.

Las contradicciones son aún más marcadas a nivel local. Gerónimo (2022) reportó en el río llave valores elevados de DBO₅ (37,92 mg/L), DQO (56,5 mg/L) y coliformes termotolerantes (3300 NMP), superando los ECA para categoría 4. En contraste, los valores obtenidos en el río Totorani (DBO 5,55 mg/L; DQO 9,65 mg/L; coliformes <3 NMP/100 ml) evidencian una diferencia sustancial en términos de carga orgánica y contaminación microbiológica. Tovar (2025) determinó que el agua evaluada no era apta para consumo humano debido a un pH ácido (4,15), elevada conductividad (3,09 mS/cm), sólidos disueltos totales (1,54 g/L) y presencia de coliformes. En oposición, el pH promedio del río Totorani fue 7,2 (neutro), la conductividad 700 μ S/cm y los sólidos disueltos totales 0,325 g/L, además de no registrarse contaminación microbiológica significativa. Galindo (2025) identificó contaminación orgánica y química considerable, con DBO entre 44,08 y 64 mg/L y DQO hasta 120,50 mg/L. Estos valores superan ampliamente los registrados en el presente estudio, donde la DBO y DQO permanecen en rangos bajos, evidenciando menor impacto por descargas domésticas o industriales en el tramo analizado del río Totorani.

Finalmente, Pauro (2026) reportó concentraciones elevadas de arsénico (0,03160 mg/L) en el río Totorani, superando el ECA para consumo humano, así como valores de pH ligeramente superiores al límite permisible. Esta situación constituye una contradicción parcial con los resultados del presente estudio. No obstante, debe considerarse que la investigación actual evaluó la Categoría 3 (riego y bebida de animales) y no incluyó análisis de metales pesados mediante técnicas como ICP-MS. Por tanto, aunque el agua

cumple para los usos agrícolas y pecuarios, podrían existir riesgos potenciales para consumo humano directo, lo que evidencia la necesidad de investigaciones complementarias.

4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.4.1. DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 (Hipótesis nula): La calidad del agua del río Totorani no es apta para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

H_a (Hipótesis alterna): La calidad del agua del río Totorani es apta para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

La comprobación de la hipótesis general se basó en el análisis de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del agua del Río Totorani, presentados en las Tablas 03 y 06. Los parámetros fisicoquímicos evaluados cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, subcategorías D1 y D2, conforme a lo verificado en las Tablas 04 y 05.

De igual manera, los resultados microbiológicos evidencian concentraciones dentro de los rangos permitidos, cumpliendo con los ECA para riego de vegetales y bebida de animales, según las Tablas 07 y 08.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y **se acepta la hipótesis alterna H_a** , concluyéndose que la calidad del agua del río Totorani es apta para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

4.4.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 (Hipótesis nula): Los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani sí cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

H_a (Hipótesis alterna): Los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

La comprobación de la hipótesis se realizó a partir de los resultados fisicoquímicos presentados en la Tabla 03, correspondientes a los puntos de muestreo PM1 y PM2 del Río Totorani. Los valores promedio obtenidos fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental para agua – Categoría 3, subcategorías D1 y D2, cuyos resultados de verificación se muestran en las Tablas 04 y 05.

El análisis evidencia que todos los parámetros fisicoquímicos evaluados cumplen con los valores establecidos por la normativa vigente, incluyendo aquellos que no presentan límites específicos para dichas subcategorías (ND).

En consecuencia, **se acepta la hipótesis nula (H_0)** y se rechaza la hipótesis alterna (H_a), concluyéndose que los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3 en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

4.4.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 (Hipótesis nula): Los parámetros microbiológicos del agua del río Totorani sí cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

H_a (Hipótesis alterna): Los parámetros microbiológicos del agua del río Totorani no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

La comprobación de la hipótesis microbiológica se realizó a partir de los resultados obtenidos en el análisis del agua del Río Totorani, cuyos valores se presentan en la Tabla

06, donde se registran concentraciones mínimas de coliformes totales y coliformes termotolerantes, así como ausencia de *Escherichia coli* en los puntos de muestreo evaluados.

Los valores promedio fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, en las subcategorías D1 y D2, cuyos resultados de verificación se muestran en la Tabla 07 y Tabla 08. En ambas tablas se evidencia el cumplimiento de los parámetros microbiológicos evaluados.

En función de estos resultados, **se acepta la hipótesis nula (H_0)** y se rechaza la hipótesis alterna (H_a), concluyéndose que los parámetros microbiológicos del agua del río Totorani sí cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para agua - Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La calidad del agua del río Totorani, es apta para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, durante el año 2026, al cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, según lo evidenciado en las tablas y figuras correspondientes.

SEGUNDA: La evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani evidencia que los valores promedio registrados se encuentran dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua - Categoría 3, subcategorías D1 y D2. Los resultados muestran un pH promedio de 7,2, una conductividad eléctrica de 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos disueltos totales de 0,325 g/L, dureza total de 387 mg/L, alcalinidad de 160,99 mg/L, cloruros de 102,48 mg/L, sulfatos de 148,5 mg/L, calcio de 107,01 mg/L, magnesio de 31,105 mg/L y nitratos de 0,035 mg/L. Asimismo, los valores promedio de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) de 5,55 mg/L y demanda química de oxígeno (DQO) de 9,65 mg/L indican una baja carga orgánica, reflejando condiciones fisicoquímicas adecuadas del recurso hídrico para su uso en riego de vegetales y bebida de animales en la comunidad campesina de Totorani.

TERCERA: El análisis microbiológico del agua del río Totorani muestra valores promedio menores a 3 NMP/100 ml para coliformes totales, menores a 3 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes y 0 NMP/100 ml para *Escherichia coli*. Estas concentraciones evidencian el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para agua - Categoría 3, confirmando una adecuada calidad microbiológica del agua y minimizando riesgos sanitarios para el riego de vegetales y el consumo animal en la zona de estudio.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A las autoridades comunales y a la Municipalidad Distrital de Puno promover el uso responsable del agua del río Totorani para riego de vegetales y consumo animal, considerando que los resultados obtenidos evidencian una calidad adecuada del recurso hídrico, garantizando así el aprovechamiento sostenible sin comprometer la salud de la población ni de los ecosistemas asociados.

SEGUNDA: A la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y a las instituciones ambientales competentes realizar monitoreos periódicos de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani, con el fin de asegurar que variables como pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, nutrientes y demandas de oxígeno se mantengan dentro de rangos adecuados, especialmente ante posibles cambios derivados de actividades agrícolas o antrópicas en la zona.

TERCERA: A la Dirección Regional de Salud (DIRESA) y a los comités de vigilancia comunal mantener una supervisión continua de los parámetros microbiológicos, reforzando las prácticas de protección sanitaria del recurso hídrico, a fin de prevenir riesgos de contaminación microbiológica futura que pueda afectar el uso del agua para riego y bebida de animales en la comunidad campesina de Totorani.

BIBLIOGRAFÍA

- ANA. (2022, febrero 18). *Autoridad Nacional del Agua considera eficiente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de provincia puneña de Yunguyo*. Drupal.
<http://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-considera-eficiente-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-de>
- Banco Mundial. (2025). *Agua: Panorama general* [Text/HTML]. World Bank.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- Barrenechea, A. (2004). *Aspectos Físicoquímicos de la Calidad del Agua* (Vol. 1).
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Blesa, M. A. (Ed.). (2012). *Agua y ambiente: Un enfoque desde la química* (1. ed). Eudeba.
- CEPAL. (2022). *Observatorio de Desarrollo Digital*.
<https://desarrollodigital.cepal.org/es/indicador/27-personas-usuarias-de-telefono-movil-paises-america-latina-y-el-caribe-2000-2022>
- Chávez, V., & Alberto, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304-308.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- DIRESA. (2018). *Informe N° 027-2018-DSB/DESA/DIRESA/GR-PUNO*.
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar* (División de Recursos Naturales e Infraestructura). CEPAL.
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF&ved=2ahUKEwj-kMPcsfyJAXA H7kGHT3AIY4QFnoECB0QAQ&usg=AOvVaw3E_vlHYuV59PBSurHd_QTD
- Galindo Mamani, C. M. (2025). Evaluación de la calidad del agua mediante parámetros físico-químicos en el río Torococha, ciudad de Juliaca – San Román – Puno, 2025. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/1737>
- García, M. (2009). *Contaminación del Agua*.

<https://es.scribd.com/document/602981765/contaminacion-del-agua>

Gerónimo Mamani, W. (2022). Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del río ILAVE en el área de influencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de ILAVE, Puno 2021-2022. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/372>

GRUPO AGUA. (2008). *Construyendo una cultura del agua en el Perú*. https://www.wsp.org/sites/wsp/files/publications/Construyendo_una_cultura.pdf

Inforegión. (2025, agosto 31). *Puno: Crisis de agua potable afecta dos barrios por más de una semana* |. <https://inforegion.pe/puno-crisis-de-agua-potable-afecta-dos-barrios-por-mas-de-una-semana/>

Macedo Freyre, E. (2022). *Determinación del grado de contaminación de las aguas de la quebrada camaná y sus efectos en la salud de la población de la ciudad de Requena-2020* [Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/items/fe1a3d6a-302b-4e4c-947a-7e682232ddc0>

Martinez, B. (2021). *La Contaminación ambiental de la Cuenca del río Coata y los desafíos de la mesa de diálogo en Puno*. <https://muqui.org/noticias/la-contaminacion-ambiental-de-la-cuenca-del-rio-coata-y-los-desafios-de-la-mesa-de-dialogo-en-puno/>

Miller, J. R., & Orbock, S. M. (2007). *Contaminated river: A geomorphological-geochemical approach to site assessment and remediation*. Springer.

MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua y Disposiciones Complementarias*. Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

MINAM. (2023, mayo 12). *DS-004-2017-MINAM*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2016). *Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios*

- contaminados: Muestreo de aguas subterráneas. Proyecto Fortalecimiento del Sistema de Gestión Integral de Sitios Contaminados.*
https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/MANUAL-DE-BUENAS-PRÁCTICAS_agua-subterránea.pdf
- Montañez Abarca, E. N., & Peralta Salas, A. G. (2024). *Análisis de la calidad del agua del río Lucre, mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, del Distrito de Lucre, Provincia de Quispicanchi, Departamento de Cusco, 2023.*
<https://hdl.handle.net/20.500.14512/710>
- Muñoz Huaman, U., & Ruiz Roman, Y. R. (2023). *Determinación de la calidad del agua del río Chinchipe en el centro poblado puerto Chinchipe, Cajamarca, Perú-2020.*
<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/507>
- OMS. (2021). *Agua para consumo humano.*
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- ONU. (2022). *Agua y Saneamiento. Desarrollo Sostenible.*
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- OXFAM, E. (2016, mayo 8). Principales causas de la contaminación del agua. *Ingredientes que Suman.*
<https://blog.oxfamintermon.org/cuales-son-las-principales-causas-de-la-contaminacion-del-agua/>
- Pacto Mundial. (2024). *ODS 6—Agua limpia y saneamiento.*
<https://www.pactomundial.org/ods/6-agua-limpia-y-saneamiento/>
- Pauro Nuñez, J. W. (2026). *Calidad del agua para consumo humano del Río Totorani—Puno, 2025. Universidad Privada San Carlos.*
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/2173>
- Ricappa Romani, R. M. (2024). *Evaluación de la calidad del agua en el río Tarma utilizado para recreación por la población de San Ramón, Auvernia, Chanchamayo.*
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/9461>
- Rodriguez, P. (2001). *Abastecimiento de Agua potable.*

- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. C. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019
- Sánchez Prada, L. D., & Villamil Cardozo, J. C. (2022). *Contaminantes del Río Bogotá y su efecto en la salud: Estado del arte 2010-2020*.
<http://hdl.handle.net/20.500.12558/4029>
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico* (1a ed). Ediciones de la U.
- SUNASS. (2024). *Puno: Sunass exhorta uso solidario del agua potable ante déficit hídrico en la región*.
<https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/1021142-puno-sunass-exhorta-uso-solidario-del-agua-potable-ante-deficit-hidrico-en-la-region>
- Tovar Mamani, N. B. (2025). *Calidad del agua para consumo humano del Río Titire del Distrito de Laraqueri- Puno, 2025*. Universidad Privada San Carlos.
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/1528>
- UNESCO. (2024). *La educación transforma vidas*. <https://www.unesco.org/es/education>
- UNICEF. (2023). *Agua, saneamiento e higiene (WASH)*. <https://www.unicef.org/es/agua>
- Uribe L., L. F., Reyes, A., & Hernández, L. (2023). *Calidad del agua en ríos urbanos: Caso del río Fucha, Bogotá, Colombia*. *Tecnología y ciencias del agua*, 14(5), 291-330.
<https://doi.org/10.24850/j-tyca-14-05-07>
- Zegarra Butrón, A. T. (2018). *Dispersión de Contaminantes Biológicos en las Aguas subterráneas de la zona sur de la ciudad de Juliaca—2017*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1358>

ANEXOS

Anexo 01: ECA de Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

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

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

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

(b): Después de filtración simple.

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

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

Anexo 02: Matriz de consistencia.

CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOTORANI PARA RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI, DISTRITO DE PUNO - 2026

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
<p>General</p> <p>¿En qué medida la calidad del agua del río Totorani será apta para el riego de vegetales y el consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026?</p>	<p>General</p> <p>Evaluar la calidad del agua del río Totorani para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.</p>	<p>General</p> <p>La calidad del agua del río Totorani es apta para su uso en riego de vegetales y consumo animal en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno, 2026.</p>	<p>Independient e.</p> <p>Parámetros físico químicos y microbiológicos.</p>	<p>pH</p> <p>Temperatura</p> <p>Sólidos totales disueltos (SDT)</p> <p>Fósforo total</p> <p>DBO₅</p> <p>Nitratos</p> <p>Aceites y Grasas.</p> <p>Coliformes</p> <p>Termotolerantes</p>	<p>Normatividad del ECA del agua</p>	<p>• Comparación de datos numéricos.</p> <p>• Representación: Tabla de resultados de laboratorio</p>
<p>Específicos</p> <p>¿Los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno – 2026?</p>	<p>Específicos</p> <p>Determinar los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani y compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno – 2026.</p>	<p>Los parámetros fisicoquímicos del agua del río Totorani cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, en la comunidad campesina de Puno – 2026.</p>	<p>Calidad del agua.</p>	<p>ECA del agua (D.S. 04-2017-MIN AM)</p> <p>Categoría 3, Sub categorías D1 y D2.</p>		
<p>Específicos</p> <p>¿Los parámetros microbiológicos del agua del río Totorani cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno – 2026?</p>	<p>Determinar los parámetros microbiológicos del agua del río Totorani y compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno – 2026.</p>	<p>Los parámetros microbiológicos del agua del río Totorani cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 3, en la comunidad campesina de Totorani, distrito de Puno – 2026.</p>				

Anexo 03: Resultados del análisis de laboratorio para el PM1.



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA (MUESTRA - PM1)

PROCEDENCIA : COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI
 INTERESADO : VICTOR RAUL CCALLA SUCAPUCA
 MOTIVO : ANÁLISIS FISICO-QUIMICO
 FECHA DE MUESTREO : 26/01/2026
 FECHA DE ANALISIS : 27/01/2026

CARACTERÍSTICAS FISICOS:

pH		7.26
C.E.	mS/cm	0.69

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Solidos Disueltos Totales (SDT)	g/L	0.34
Dureza total (como CaCO ₃)	mg/L	380.00
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/L	161.98
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/L	104.96
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/L	146.00
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/L	98.80
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	0.02
Magnesio (Mg ⁺)	mg/L	32.10
DB05	mg/L	6.00
DQO	mg/L	10.3

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICOS

Coliformes totales	NMP/100ml	<3.00
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3.00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	Ausente

INTERPRETACION:

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



ANALISTA
 T. Tec. Brindley Perdomo Chacabaza
 ALABORATORIO DE AGUAS
 PUNO, PERU



Técnico
 Biga, Margot Gisela Reyes Ortaño
 CBP 11900

Anexo 04: Resultados del análisis de laboratorio para el PM2.



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA (MUESTRA - PM2)

PROCEDENCIA : COMUNIDAD CAMPESINA DE TOTORANI
 INTERESADO : VICTOR RAUL CCALLA SUCAPUCA
 MOTIVO : ANÁLISIS FISICO-QUIMICO
 FECHA DE MUESTREO : 26/01/2026
 FECHA DE ANALISIS : 27/01/2026

CARACTERÍSTICAS FISICOS:

pH		7.14
C.E.	mS/cm	0.71

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Solidos Disueltos Totales (SDT)	g/L	0.31
Dureza total (como CaCO ₃)	mg/L	394.00
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/L	160.00
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/L	100.00
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/L	151.00
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/L	115.12
Nitratos (como NO ₃)	mg/L	0.05
Magnesio (Mg ⁺)	mg/L	30.11
DBO5	mg/L	5.1
DQO	mg/L	9.0

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICOS

Coliformes totales	NMP/100ml	<3.00
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3.00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	Ausente

INTERPRETACION:

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



ANALISTA
 T. Tec. Brindley Perdomo Chacabaza
 LABORATORIO DE AGUAS
 PUNO, PERU



Biga, Maripat Gisela Reyes Ordoñez
 CBP 11900

Anexo 04: Galería fotográfica.



Figura 05: Vista panorámica de la zona de estudio.



Figura 06: Selección de lugar para la toma de muestras.



Figura 07: Toma de muestra en el Punto 01.



Figura 08: Vista panorámica del punto 02 del tramo del río Totorani



Figura 09: Toma de muestra en el Punto 02.



Figura 07: Rotulación de las muestras de los 02 puntos.



Figura 08: Almacenamiento de las muestras para el traslado hacia el laboratorio.