

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL RÍO TITIRE DEL
DISTRITO DE LARAQUERI- PUNO, 2025**

PRESENTADA POR:

NIELSEN BRUSS TOVAR MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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/)



4.92%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 22 JUL 2025, 3:46 PM

Similarity report

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

IDENTICAL 0.86%
CHANGED TEXT 4.06%

Report #27620657

NIELSEN BRUSS TOVAR MAMANI // CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO D EL RÍO TITIRE DEL DISTRITO DE LARAQUERI- PUNO, 2025 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano del río Titire, ubicado en el distrito de Laraqueri, región Puno, durante el año 2025. Se aplicó un diseño metodológico no experimental, de tipo descriptivo y enfoque cuantitativo. La población estuvo conformada por los tramos accesibles del río, y la muestra fue seleccionada por conveniencia, considerando tres puntos estratégicos: aguas arriba, tramo medio y aguas abajo del cauce, durante la temporada seca. Para el análisis se emplearon técnicas de laboratorio enfocadas en la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de acuerdo con lo establecido en el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Se utilizaron instrumentos como un medidor multiparámetro, balanza analítica, espectrofotómetro UV-Vis y kits de fermentación múltiple, siguiendo los protocolos del Instituto Nacional de Salud (INS). Los resultados evidenciaron una calidad de agua comprometida: el pH promedio fue de 4.15, reflejando una acidez considerable; la conductividad eléctrica alcanzó los 3.09 mS/cm y los sólidos disueltos totales llegaron a 1.54 g/L. Asimismo, se identificaron niveles elevados de dureza total (1881 mg/L), cloruros (503.5 mg/L) y sulfatos (360 mg/L), todos por encima de los límites máximos permisibles. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se detectaron coliformes totales (190 NMP/

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

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL RÍO TITIRE DEL
DISTRITO DE LARAQUERI, PUNO, 2025.**

PRESENTADA POR:


NIELSEN BRUSS TOVAR MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ


PRIMER MIEMBRO

: 
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 05 de agosto del 2025.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mi madre, Nely Mamani Arias, quien me dio la fuerza necesaria para lograrlo, por su apoyo incondicional y a mi abuelita, Leocadia Arias de Mamani, que son la motivación de mi vida e inspiración para seguir cumpliendo mis metas.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a Dios y a las personas que me apoyaron en esta etapa de realización de tesis.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Universidad Privada San Carlos por darme la oportunidad de seguir la carrera de ingeniería ambiental. También me gustaría agradecer a mi mentor, Dr. Esteban León Apaza, por su soporte, dedicación, frenesí, incentivo y cooperación a lo largo de esta 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 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2. ANTECEDENTES	14
1.2.1. INTERNACIONAL	14
1.2.2. NACIONAL	15
1.2.3. LOCAL	17
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	19
2.1.1. CALIDAD DEL AGUA	19
2.1.2. CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	19
2.1.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN	21
	3

2.1.4. NORMATIVA AMBIENTAL	21
2.1.5. AGUA DE CONSUMO HUMANO	22
2.1.6. ECA DEL AGUA	22
2.1.7. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE AGUA	23
2.1.8. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE AGUA	23
2.1.9. MARCO LEGAL	23
2.3. MARCO CONCEPTUAL	25
2.4. HIPÓTESIS	26
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	26
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	26
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	27
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	27
3.2.1. POBLACIÓN	27
3.2.2. MUESTRA	28
3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS	28
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	30
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	30
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. ANALIZAR LA CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL RÍO TITIRE DISTRITO DE LARAQUERI - PUNO, 2025.	32
4.2. ANALIZAR LA CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL RÍO TITIRE DISTRITO DE LARAQUERI - PUNO, 2025.	43
CONCLUSIONES:	48
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Operacionalización de variables	30
Tabla 02: Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua comparados con los valores del ECA	33
Tabla 03: Resultados de los parámetros microbiológicos del agua comparados con los valores del ECA	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación del Río Titire	27
Figura 02: Resultados de pH	34
Figura 03: Resultados de conductividad eléctrica mS/cm	35
Figura 04: Resultados de temperatura °C	36
Figura 05: Resultados de Sólidos Totales Suspendedos g/L	37
Figura 06: Resultados de dureza total mg/L	38
Figura 07: Resultados de alcalinidad mg/L	39
Figura 08: Resultados de concentración de cloruros mg/L	40
Figura 09: Resultados de concentración de sulfatos mg/L	41
Figura 10: Resultados de concentración de nitratos mg/L	42
Figura 11: Resultados de concentración de Magnesio mg/L	43
Figura 12: Resultados de coliformes totales NMP/100 ml	46
Figura 13: Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml	47
Figura 14: Resultados de laboratorio M1	59
Figura 15: Resultados de laboratorio M2	60
Figura 16: Resultados de laboratorio M3	61
Figura 17: Resultados de laboratorio M4	62

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	54
Anexo 02: Conservación de la muestra de acuerdo a la R.J. 010-2016-ANA	55
Anexo 03: Registro de datos de campo	56
Anexo 04: Etiqueta para muestra de agua	57
Anexo 05: Ficha de cadena de custodia	58
Anexo 06: Resultados de laboratorio M1	59
Anexo 07: Resultados de laboratorio M2	60
Anexo 08: Resultados de laboratorio M3	61
Anexo 09: Resultados de laboratorio M4	62

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano del río Titire, ubicado en el distrito de Laraqueri, región Puno, durante el año 2025. Se aplicó un diseño metodológico no experimental, de tipo descriptivo y enfoque cuantitativo. La población estuvo conformada por los tramos accesibles del río, y la muestra fue seleccionada por conveniencia, considerando tres puntos estratégicos: aguas arriba, tramo medio y aguas abajo del cauce, durante la temporada seca. Para el análisis se emplearon técnicas de laboratorio enfocadas en la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de acuerdo con lo establecido en el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Se utilizaron instrumentos como un medidor multiparámetro, balanza analítica, espectrofotómetro UV-Vis y kits de fermentación múltiple, siguiendo los protocolos del Instituto Nacional de Salud (INS). Los resultados evidenciaron una calidad de agua comprometida: el pH promedio fue de 4.15, reflejando una acidez considerable; la conductividad eléctrica alcanzó los 3.09 mS/cm y los sólidos disueltos totales llegaron a 1.54 g/L. Asimismo, se identificaron niveles elevados de dureza total (1881 mg/L), cloruros (503.5 mg/L) y sulfatos (360 mg/L), todos por encima de los límites máximos permisibles. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se detectaron coliformes totales (190 NMP/100 mL) y termotolerantes (37.5 NMP/100 mL), indicando contaminación fecal activa. Se concluye que el agua del río Titire no es apta para el consumo humano sin tratamiento, debido a la presencia de contaminantes en niveles que superan los estándares nacionales. Estos hallazgos permiten aceptar la hipótesis alternativa y ponen en evidencia la necesidad urgente de implementar medidas correctivas y de control para proteger la salud de las comunidades locales.

Palabras clave: Agua, Calidad, Contaminación microbiológica, Parámetros fisicoquímicos, Río Titire.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the quality of water intended for human consumption from the Titire River, located in the district of Laraqueri, Puno region, during the year 2025. A non-experimental, descriptive research design with a quantitative approach was applied. The population consisted of accessible sections of the river, and the sample was selected by convenience, considering three strategic sampling points: upstream, midstream, and downstream, during the dry season. Laboratory techniques were used to analyze physicochemical and microbiological parameters in accordance with Supreme Decree No. 004-2017-MINAM. The instruments used included a multiparameter meter, analytical balance, UV-Vis spectrophotometer, and multiple fermentation kits, following the protocols of the National Institute of Health (INS). The results revealed compromised water quality: the average pH was 4.15, indicating significant acidity; electrical conductivity reached 3.09 mS/cm, and total dissolved solids were 1.54 g/L. Elevated levels of total hardness (1881 mg/L), chlorides (503.5 mg/L), and sulfates (360 mg/L) were also identified, all of which exceeded the maximum permissible limits. Regarding microbiological parameters, total coliforms (190 MPN/100 mL) and thermotolerant coliforms (37.5 MPN/100 mL) were detected, indicating active fecal contamination. It is concluded that the water from the Titire River is not suitable for human consumption without prior treatment due to the presence of physicochemical and microbiological contaminants at levels above national quality standards. These findings support the acceptance of the alternative hypothesis and highlight the urgent need to implement corrective and control measures to safeguard the health of nearby communities.

Keywords: Water, Quality, Microbiological contamination, Physicochemical parameters, Titire River.

INTRODUCCIÓN

El acceso a agua segura es un derecho fundamental y un pilar esencial para la salud pública, el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria. Sin embargo, en diversas regiones del Perú, particularmente en áreas rurales y de influencia minera como el distrito de Laraqueri en Puno, la calidad del agua se encuentra comprometida por diversos factores naturales y antrópicos. Uno de los principales afluentes de esta zona es el río Titire, cuya agua es utilizada por las comunidades aledañas para múltiples fines, incluido el consumo humano, sin conocer con certeza su aptitud sanitaria. Diversos estudios recientes, como los de Olivera (2022), Sosa (2022) y Cruz (2023), han demostrado que muchas fuentes hídricas en zonas rurales del Perú presentan parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fuera de los rangos establecidos por la normativa nacional, lo que representa un riesgo para la salud.

En este contexto, el objetivo general de la investigación fue evaluar la calidad del agua del río Titire, del distrito de Laraqueri – Puno, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, la hipótesis fue: *"El agua del río Titire no cumple con los estándares de calidad establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM para ser considerada apta para el consumo humano"*. La variable independiente fue: "Calidad del agua" y las variables dependientes fueron: "Parámetros fisicoquímicos" y "Parámetros microbiológicos".

La presente investigación cuenta con cuatro capítulos, el Capítulo I desarrolla el planteamiento del problema, justificación, objetivos e hipótesis, el Capítulo II expone los antecedentes, el marco teórico y la definición de variables, el Capítulo III detalla el diseño metodológico, población, muestra, técnicas e instrumentos empleados. Finalmente, el Capítulo IV presenta los resultados obtenidos, su análisis comparativo con otros estudios, así como las conclusiones y recomendaciones que contribuyen al manejo responsable de los recursos hídricos en la zona.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, el acceso a agua potable y su calidad para el consumo humano se ha convertido en uno de los desafíos ambientales y de salud pública más urgentes. La contaminación de fuentes de agua, particularmente por actividades humanas como la minería, la agricultura intensiva y la industrialización, afecta a millones de personas en todo el mundo. Según el informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre el acceso a agua potable, más de dos mil millones de personas viven en zonas donde el agua potable está contaminada por diversos contaminantes, incluidos metales pesados y productos químicos industriales, lo que genera riesgos significativos para la salud humana (Organización Mundial de la Salud, 2021). En particular, los países en desarrollo enfrentan una situación alarmante, ya que la expansión de la minería y otras industrias extractivas contribuyen significativamente a la degradación de los recursos hídricos, afectando tanto la calidad del agua disponible como la biodiversidad acuática.

A nivel regional, en América Latina, la situación no es menos preocupante. El continente ha sido testigo de un incremento en la contaminación de fuentes de agua debido a la expansión de la minería, una de las principales actividades económicas en países como Perú, Chile, Bolivia y México. Según un informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la contaminación de los cuerpos de agua por metales pesados y productos químicos derivados de la minería representa un riesgo para la salud de millones de personas en la región (Comisión Económica para América Latina y el

Caribe, 2019). En países como Perú, donde la minería es una actividad esencial para la economía, los efectos de esta contaminación son particularmente graves, ya que muchas comunidades rurales dependen de estos recursos hídricos tanto para su consumo como para sus actividades agrícolas y ganaderas.

A nivel nacional, Perú enfrenta una creciente preocupación por la contaminación de sus cuerpos de agua, especialmente en las regiones andinas, donde la minería informal e ilegal contribuye significativamente al deterioro de la calidad del agua. En los últimos años, diversos estudios han documentado altos niveles de metales pesados en ríos y lagos de zonas mineras, con graves repercusiones en la salud pública y el medio ambiente. Un informe del Ministerio del Ambiente del Perú (2017) señala que muchos de estos cuerpos de agua superan los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la protección de la salud humana y el ecosistema. La contaminación por metales pesados no solo pone en peligro la calidad del agua destinada al consumo humano, sino que también afecta la agricultura y ganadería, lo que impacta negativamente en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales.

A nivel local, el caso del río Titire en el distrito de Laraqueri, Puno, es un claro ejemplo de los riesgos asociados a la contaminación por metales pesados. Este río, fuente vital de agua para las actividades productivas de la comunidad local, se encuentra amenazado por las cercanas actividades mineras, las cuales podrían estar liberando contaminantes que afectan la calidad del agua. El temor es que los niveles de metales pesados en el río superen los límites permitidos por los ECA, lo que comprometería la salud de la población local, que depende del agua no solo para consumo directo, sino también para sus cultivos y ganado. La falta de un sistema adecuado de monitoreo de la calidad del agua exacerba la incertidumbre y dificulta la implementación de medidas preventivas y correctivas, lo que pone en peligro tanto la salud de las personas como el equilibrio ecológico de la región.

En este contexto, es urgente que se fortalezcan las políticas públicas y se implementen mecanismos de monitoreo y control eficientes para asegurar la calidad del agua destinada al consumo humano en las áreas más vulnerables de Perú y América Latina.

Además, se deben promover prácticas mineras responsables y sostenibles que no solo protejan el medio ambiente, sino también la salud de las comunidades que dependen directamente de los recursos hídricos. Por lo que se formuló el siguiente problema general: ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano del río Titire del distrito de Laraqueri - Puno, 2025?, y como problemas específicos ¿Cuál es la concentración de parámetros fisicoquímicos del río Titire distrito de Laraqueri - Puno, en el año 2025? y ¿Cuál es la concentración de parámetros microbiológicos del río Titire distrito de Laraqueri - Puno, 2025?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. INTERNACIONAL

Díaz et al. (2024), realizaron un estudio sobre “Calidad del agua para consumo humano y producción hidropónica en Bases Antárticas Conjuntas de Argentina”, evaluaron la aptitud del agua para consumo humano y producción hidropónica en las bases antárticas. Se utilizó un diseño experimental con análisis fisicoquímicos realizados durante el invierno de 2022. Se tomaron muestras en diferentes puntos de abastecimiento y se midieron parámetros clave. Los resultados indicaron que en la Base Marambio las concentraciones de sólidos disueltos totales (SDT) superan los 500 mg/L, por lo que se implementó una planta de ósmosis inversa, reduciendo los SDT por debajo de los 250 mg/L recomendados por la OMS. En cuanto a la producción hidropónica, la conductividad eléctrica en Marambio fue de 1.7 mS/cm, lo que sugirió la necesidad de tratamiento adicional para este uso. Se concluyó que el agua en ambas bases es apta para consumo humano, pero la hidroponía en Marambio requiere ajuste en la calidad del agua.

Mendez (2023), en su investigación “Calidad y estado sanitario del agua distribuida para consumo humano en Guastatoya, El Progreso”, evaluó la calidad del agua con un enfoque mixto que incluyó parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Se encontró que los parámetros fisicoquímicos cumplían con los estándares establecidos, con un pH promedio de 7.2, turbidez menor a 1 NTU y un contenido de cloro residual de 0.5 mg/L. Sin embargo, el análisis microbiológico reveló la presencia de coliformes totales en

concentraciones de hasta 15 UFC/100 mL, superando el límite permitido de 0 UFC/100 mL según la OMS. Concluyó que el agua no es apta para consumo directo y requiere tratamiento previo para su distribución segura.

Ospina & Cardona (2021), en su investigación “Evaluación de la contaminación por aluminio del agua para consumo humano, región central de Colombia”, analizaron muestras de agua cruda y tratada en Tolima y Cundinamarca con un diseño descriptivo basado en muestreos en 25 municipios. Se encontró que en más del 30% de los municipios, los niveles de aluminio superan el límite de 0.2 mg/L, con valores que oscilaban entre 0.25 y 0.8 mg/L. Se determinó que la contaminación se debía a deficiencias en los procesos de coagulación en las plantas de tratamiento y a la presencia natural de aluminio en las fuentes hídricas. Se concluyó que es necesario optimizar los procesos de tratamiento para minimizar los riesgos para la salud pública y cumplir con los estándares de calidad del agua.

1.2.2. NACIONAL

Ñahui (2023) en su investigación “Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica - 2023”, se evaluó la calidad del agua en centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica como objetivo principal, se tomaron las muestras en cada centro poblado para mandarlos al laboratorio posteriormente, luego ser analizados con el D.S. N° 004-2017-MINAM. Los resultados mostraron que la calidad fisicoquímica del agua en Izcumachay y Choca I era adecuada para el consumo humano, con un pH promedio de 7.1 y turbidez inferior a 1.5 NTU. Sin embargo, en Villa Hermoza y Torreccacca se detectaron niveles de coliformes totales de hasta 20 UFC/100 mL, superando el límite de 0 UFC/100 mL establecido por la OMS, lo que indicó que el agua no era segura para el consumo sin tratamiento previo.

Sosa (2022), en su investigación “Estudio de la calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según el D.S. N° 031-2010-SA en el Centro Poblado rural de Yapac y San Antonio de Chucchuc del distrito de Colpas Huánuco - 2021”, se determinó la calidad del agua en los centros rurales de

Yapac y San Antonio de Chucchuc en el distrito de Colpas, Huánuco como objetivo principal. El estudio encontró que los parámetros fisicoquímicos, como pH (6.9 - 7.3), turbidez (< 2 NTU) y conductividad eléctrica (250 - 300 μ S/cm), cumplían con los estándares establecidos. No obstante, los niveles de coliformes totales y termotolerantes alcanzaron hasta 25 UFC/100 mL, superando el límite permitido de 0 UFC/100 mL, lo que sugiere la necesidad de una cloración constante para garantizar la seguridad del agua para consumo humano.

Ruiz (2022), en su investigación “Análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad del agua para consumo humano del Centro Poblado de Buena Vista, Distrito De Pozuzo, Provincia De Oxapampa - Perú, 2021”, se analizó la calidad del agua en el centro poblado de Buena Vista, Oxapampa, Perú como objetivo principal, como metodología se tuvo en cuenta el Reglamento de Calidad de Agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA) y Estándares de Calidad de Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), se tomó muestra del reservorio analizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y se enviaron las muestras a laboratorio, se encontró que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos cumplían con los límites establecidos, indicando que el agua era apta para consumo humano. El pH promedio fue de 7.2, la turbidez menor a 1 NTU y la dureza del agua se mantuvo en un rango de 80 - 100 mg/L CaCO_3 . Además, no se detectaron coliformes en las muestras analizadas, cumpliendo con los estándares de calidad para consumo humano.

Cruz (2023) en su investigación “Análisis del comportamiento de la calidad del agua por concentración de metales pesados de efluentes mineros: caso río San Juan, Cerro de Pasco”, se realizó un estudio sobre la calidad del agua en el río San Juan, Cerro de Pasco, en el contexto de la contaminación por metales pesados provenientes de efluentes mineros, la metodología que se siguió fue de investigación descriptiva y aplicada con diseño no experimental, se tomó muestras y se analizaron en un laboratorio para procesarlos y calcular el índice de calidad ambiental. Los resultados indicaron un índice de calidad ambiental regular, con concentraciones de metales pesados dentro de

los siguientes rangos: plomo (0.01 - 0.04 mg/L), arsénico (0.005 - 0.015 mg/L) y cadmio (0.002 - 0.007 mg/L), valores que, aunque no alcanzaron niveles críticos, sí evidenciaron un impacto ambiental en la calidad del agua.

1.2.3. LOCAL

Olivera (2022), en su investigación “Evaluación de la calidad del agua en la zona de confluencia de los ríos Torococha y Coata Caracoto-San Román - Puno”, tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua en la confluencia de los ríos Torococha y Coata, en Puno. Se utilizó un diseño descriptivo con enfoque cuantitativo, donde se tomaron muestras de agua en tres puntos estratégicos durante la temporada de lluvias y estiaje. Los análisis fisicoquímicos revelaron que la DBO₅ alcanzó valores de 12 mg/L y la DQO superó los 40 mg/L, lo que indica una alta carga orgánica. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se detectaron coliformes totales en concentraciones superiores a 1100 NMP/100 mL y *Escherichia coli* con valores de 250 NMP/100 mL, excediendo los límites establecidos por la OMS (0 NMP/100 mL para agua potable). Se concluyó que el agua no es apta para consumo humano sin tratamiento adecuado.

Ccaso (2024), en su investigación “Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de los manantiales Titin Phuju y Q’uespi Phuju para consumo humano del Centro Poblado de Huarahuarani Provincia de El Collao - 2024”, analizó la calidad del agua en los manantiales mencionados. Se empleó un enfoque cuantitativo con un diseño experimental, realizando muestreos en diferentes épocas del año para evaluar variaciones estacionales. Los parámetros fisicoquímicos cumplieron con los estándares establecidos, con un pH entre 6.8 y 7.2, turbidez menor a 1 NTU y conductividad eléctrica de 280-320 μ S/cm. Sin embargo, los análisis microbiológicos mostraron niveles elevados de coliformes totales (850 NMP/100 mL) y *Escherichia coli* (180 NMP/100 mL), valores que superan los límites permitidos. Se determinó que el agua requiere un tratamiento previo para garantizar su potabilidad.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua para consumo humano del río Titire del distrito de Laraqueri - Puno, 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la concentración de parámetros fisicoquímicos del río Titire distrito de Laraqueri - Puno, 2025.
- Analizar la concentración de parámetros microbiológicos del río Titire distrito de Laraqueri - Puno, 2025.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua se refiere al estado del agua en términos de su composición físico-química, microbiológica y radiactiva, y su capacidad para cumplir con los estándares necesarios para diferentes usos, incluido el consumo humano. La calidad del agua está influenciada por la presencia de contaminantes como microorganismos patógenos, metales pesados, productos químicos industriales, y compuestos orgánicos, que pueden afectar tanto la salud de los seres vivos como el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la calidad del agua es esencial para prevenir enfermedades y asegurar una vida saludable (Organización Mundial de la Salud, 2021). En este contexto, se evalúa en función de su potabilidad, es decir, si el agua cumple con los requisitos establecidos para ser consumida sin riesgos para la salud.

2.1.2. CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

La calidad del agua es un factor clave para la salud pública. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua potable debe estar libre de contaminantes patógenos y químicos que puedan causar enfermedades o efectos adversos en la salud a largo plazo. En particular, la presencia de metales pesados en el agua puede generar una serie de efectos tóxicos, tales como envenenamiento crónico, daño neurológico, problemas renales y cáncer (Organización Mundial de la Salud, 2021).

En Perú, la regulación de la calidad del agua está normada por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el cual establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para cuerpos de agua. Estos estándares definen los límites máximos permisibles para contaminantes, incluidos los metales pesados, que afectan la salud humana y el medio ambiente. Esta norma es crucial para la gestión sostenible del recurso hídrico y la protección de la salud de las comunidades que dependen del agua para consumo (Ministerio del Ambiente, 2017).

Metales Pesados en el Agua

Los metales pesados, como el mercurio, plomo, arsénico, cadmio, entre otros, son elementos altamente tóxicos que pueden contaminar el agua, especialmente en zonas industriales y mineras. La exposición prolongada a estos contaminantes puede generar efectos graves sobre la salud humana. Según Novoa et al. (2022), el mercurio y el plomo son particularmente peligrosos porque pueden acumularse en el organismo y afectar al sistema nervioso, especialmente en niños, además de provocar enfermedades renales y cardiovasculares.

El Instituto Nacional de Salud de Perú (INS) ha documentado que el envenenamiento por metales pesados es un problema creciente en las regiones cercanas a actividades mineras, donde la contaminación de los cuerpos de agua es una preocupación importante. El mercurio, utilizado en la minería artesanal, y el plomo y arsénico, derivados de actividades mineras industriales, se encuentran con frecuencia en ríos y lagos contaminados, afectando tanto a los ecosistemas acuáticos como a las personas que consumen esa agua (Instituto Nacional de Salud, 2019).

Impacto de la Minería en la Calidad del Agua

La minería, especialmente la minería de metales, es una de las principales fuentes de contaminación de los recursos hídricos en Perú. Las actividades mineras, tanto legales como ilegales, liberan metales pesados y otros contaminantes en los cuerpos de agua cercanos. Según López et al. (2021), la contaminación de los ríos y lagos por metales pesados en zonas mineras como Puno ha generado un deterioro significativo en la

calidad del agua, afectando la salud de las comunidades locales y los ecosistemas acuáticos.

Un estudio realizado por Ramos et al. (2020) en el río Desaguadero, en el sur de Perú, muestra cómo la minería afecta la calidad del agua, aumentando los niveles de metales como el mercurio, arsénico y plomo, lo que afecta tanto la fauna acuática como la salud de los habitantes que dependen de estos recursos para su consumo y actividades productivas.

2.1.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Las principales fuentes de contaminación por metales pesados incluyen actividades industriales, minería, agricultura, y descarga de residuos domésticos sin tratamiento adecuado. Estas actividades pueden liberar grandes cantidades de metales al medio acuático, especialmente cuando no se siguen normativas adecuadas de manejo y disposición (Toledo, 2021).

2.1.4. NORMATIVA AMBIENTAL

En el Perú, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) regulan las concentraciones máximas permitidas de contaminantes en el agua. Estos estándares están alineados con normas internacionales, como las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). La normativa establece límites específicos para metales pesados con el fin de proteger la salud pública y el ambiente (Toledo, 2021).

Normativa y Monitoreo de la Calidad del Agua en Perú

El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM regula los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para los cuerpos de agua, los cuales establecen los límites máximos permisibles para los metales pesados en el agua destinada al consumo humano. Según esta normativa, el agua para consumo humano no debe superar ciertos niveles de contaminantes, incluidos el arsénico, mercurio y plomo. El monitoreo de la calidad del agua es esencial para asegurar que estos estándares se cumplan, y que la salud de la población no esté en riesgo debido a la exposición a contaminantes (Ministerio del Ambiente, 2017).

2.1.5. AGUA DE CONSUMO HUMANO

El agua de consumo humano es aquella que se utiliza para beber, cocinar, y otras actividades relacionadas con el consumo directo por parte de las personas. Para que el agua sea adecuada para consumo humano, debe cumplir con ciertas normas de calidad que garantizan que no contenga contaminantes a niveles peligrosos para la salud. El agua potable debe estar libre de patógenos que puedan causar enfermedades, así como de metales pesados, productos químicos o sustancias radiactivas que pudieran tener efectos tóxicos o carcinogénicos (Organización Mundial de la Salud, 2021). Los contaminantes comunes que afectan la calidad del agua para consumo humano incluyen el mercurio, plomo, arsénico, y otros metales pesados provenientes de actividades industriales y mineras. La evaluación de la calidad del agua es esencial para asegurar su seguridad antes de su distribución y consumo.

2.1.6. ECA DEL AGUA

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua son parámetros técnicos y normativos establecidos por autoridades gubernamentales para regular la calidad del agua en un país o región. Estos estándares definen los límites máximos permisibles para ciertos contaminantes en cuerpos de agua destinados al consumo humano, actividades agrícolas, recreación o preservación de la vida acuática. En Perú, los ECA son establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM), con el objetivo de proteger la salud humana, los ecosistemas acuáticos y el uso sostenible del recurso hídrico.

El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM regula los ECA del agua en Perú, especificando los límites permisibles para una serie de contaminantes, incluyendo metales pesados como el mercurio, plomo, arsénico, cadmio, entre otros. Estos límites son fundamentales para la gestión ambiental y la protección de la salud pública, y se utilizan como referencia para evaluar la calidad del agua en ríos, lagos y otras fuentes de agua. Cuando los niveles de contaminación superan los valores establecidos en los ECA, se considera que el agua no es apta para consumo humano y otras actividades, lo que puede generar riesgos para la salud y el medio ambiente (Condezo & Alarcon, 2024).

Los ECA permiten a las autoridades y a los investigadores monitorear y controlar la contaminación de los recursos hídricos, garantizando que el agua utilizada para consumo humano cumpla con los requisitos necesarios para proteger la salud de las personas.

2.1.7. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE AGUA

- **pH:** Mide el nivel de acidez o alcalinidad del agua. Un pH entre 6.5 y 8.5 es generalmente aceptable para el consumo humano. Valores fuera de este rango pueden afectar el sabor del agua y la eficacia de los procesos de desinfección (Ministerio del Ambiente, 2017).
- **Conductividad eléctrica:** Indica la capacidad del agua para conducir electricidad, relacionada con la concentración de sales disueltas. Valores elevados pueden señalar alta salinidad, lo que podría influir en el sabor y la potabilidad del agua (Ministerio del Ambiente, 2017).
- **Turbidez:** Refleja la claridad del agua y la presencia de partículas suspendidas. Niveles altos de turbidez pueden proteger a microorganismos patógenos de la acción desinfectante, representando un riesgo para la salud. (Ministerio del Ambiente, 2017).
- **Cloro residual:** Es el cloro que permanece en el agua después del proceso de desinfección, asegurando la eliminación continua de microorganismos patógenos. (Ministerio del Ambiente, 2017).
- **Metales pesados (como hierro y manganeso):** Concentraciones elevadas de estos metales pueden ser tóxicas y afectar el sabor y color del agua (Ministerio del Ambiente, 2017).

2.1.8. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE AGUA

Coliformes totales y Escherichia coli: La presencia de estas bacterias indica contaminación fecal y un riesgo potencial para la salud humana (Ministerio del Ambiente, 2017).

2.1.9. MARCO LEGAL

2.1.9.1. Ley General de Aguas (Decreto Ley N° 17752)

Esta norma establece las disposiciones generales para la gestión y protección de los recursos hídricos en Perú. El objetivo de esta ley es asegurar el uso sostenible del agua y prevenir la contaminación, incluyendo la regulación de actividades industriales y mineras que puedan introducir metales pesados en cuerpos de agua como el río Titire (Congreso de la República, 1996).

2.1.9.2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM)

Los ECA son normas técnicas que establecen los límites permisibles de contaminantes, incluidos los metales pesados, en cuerpos de agua. Estos estándares se utilizan como referencia para evaluar la calidad del agua del río Titire. En particular, los ECA de Categoría 1-A2 se aplican a las aguas que se destinan a actividades recreativas (Ministerio del Ambiente, 2017).

2.1.9.3. Reglamento de la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

Este reglamento establece las obligaciones para preservar la calidad ambiental, con un enfoque especial en la gestión de contaminantes. Específicamente, regula la emisión de sustancias peligrosas como los metales pesados, estableciendo sanciones para aquellas actividades que incumplan los límites establecidos en los ECA (Congreso de la República, 2005).

2.1.9.4. Decreto Supremo N° 012-2008-MINAM, Reglamento de Residuos Sólidos

Aunque enfocado en la gestión de residuos sólidos, este reglamento también abarca la disposición de residuos industriales peligrosos que pueden contener metales pesados. La normativa prohíbe la descarga de residuos contaminantes en cuerpos de agua sin previo tratamiento, lo que es fundamental para controlar la calidad del agua del río Titire.

2.1.9.5. Convenio de Minamata sobre el Mercurio

Este tratado internacional, ratificado por el Perú, regula el uso y la liberación de mercurio, un metal pesado de alta toxicidad. El convenio establece compromisos para reducir las emisiones de mercurio en sectores como la minería, protegiendo así la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Enterococos fecales:** Microorganismos utilizados como indicadores de contaminación en aguas recreativas y de consumo humano. La normativa sugiere que no debe haber presencia en 100 mL de muestra (MINSA, 2020).
- ***Escherichia coli* (E. coli):** Bacteria indicadora de contaminación fecal. Su presencia en el agua potable implica un alto riesgo sanitario (Valverde et al., 2022).
- **Calidad del Agua:** La calidad del agua se define como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan su aptitud para un uso específico, como el consumo humano, la agricultura o la vida acuática (Chapman, 1996). Para que el agua sea considerada potable, debe cumplir con los estándares establecidos en la normatividad nacional e internacional, evitando la presencia de contaminantes que puedan representar un riesgo para la salud (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017).
- **Coliformes totales:** Bacterias presentes en el medio ambiente y en los intestinos de animales y humanos. Su presencia en el agua puede indicar contaminación fecal. El límite permisible para consumo humano es 0 NMP/100 mL (OMS, 2017).
- **Conductividad eléctrica:** Mide la capacidad del agua para conducir electricidad, relacionada con la concentración de sales disueltas. Valores elevados pueden indicar contaminación por residuos industriales o agrícolas (Huamán & Quispe, 2021).
- **Contaminación del Agua y Salud Pública:** La contaminación del agua ocurre cuando sustancias químicas, microorganismos o residuos sólidos alteran su calidad, afectando su uso para el consumo humano (Ramos, 2024).
- **Oxígeno disuelto (OD):** Refleja la cantidad de oxígeno disponible en el agua para los organismos acuáticos. Valores inferiores a 5 mg/L pueden afectar la calidad del agua y la vida acuática (Tovar et al., 2019).
- **Parámetros Físicoquímicos del Agua:** Los parámetros fisicoquímicos del agua permiten evaluar su composición química y sus características físicas, determinando si es apta para el consumo humano.

- **pH:** Indica la acidez o alcalinidad del agua. Un pH entre 6.5 y 8.5 es considerado aceptable para el consumo humano (OMS, 2017).
- **Parámetros Microbiológicos del Agua:** El análisis microbiológico del agua permite detectar la presencia de microorganismos patógenos que pueden afectar la salud humana.
- **Turbidez:** Se refiere a la cantidad de partículas suspendidas en el agua, medida en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Valores superiores a 5 NTU pueden indicar contaminación (Sánchez et al., 2020).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua del río Titire, en el distrito de Laraqueri - Puno, 2025 supera los estándares de los parámetros establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM para el consumo humano.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de los parámetros fisicoquímicos del río Titire en el distrito de Laraqueri - Puno, 2025, presenta concentraciones altamente significativas con respecto a los estándares de calidad ambiental establecidos para cuerpos de agua.
- La concentración de parámetros microbiológicos en el río Titire del distrito de Laraqueri - Puno, 2025, presenta concentraciones altamente significativas sobrepasando los límites permitidos para agua destinada al consumo humano o actividades recreativas, indicando contaminación microbiológica.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la cuenca del río Titire, ubicado en la región de Puno, en el sur de Perú, este río es una importante fuente de agua para diversas actividades humanas, incluyendo la agricultura, la ganadería y el consumo humano con coordenadas UTM 352545 S - 8169764 N .

En la región de Puno, existen diversas actividades mineras, tanto legales como informales, que emplean técnicas de extracción de metales preciosos. Esto puede provocar el vertido de metales pesados como mercurio, cadmio, plomo y arsénico en los cuerpos de agua cercanos.

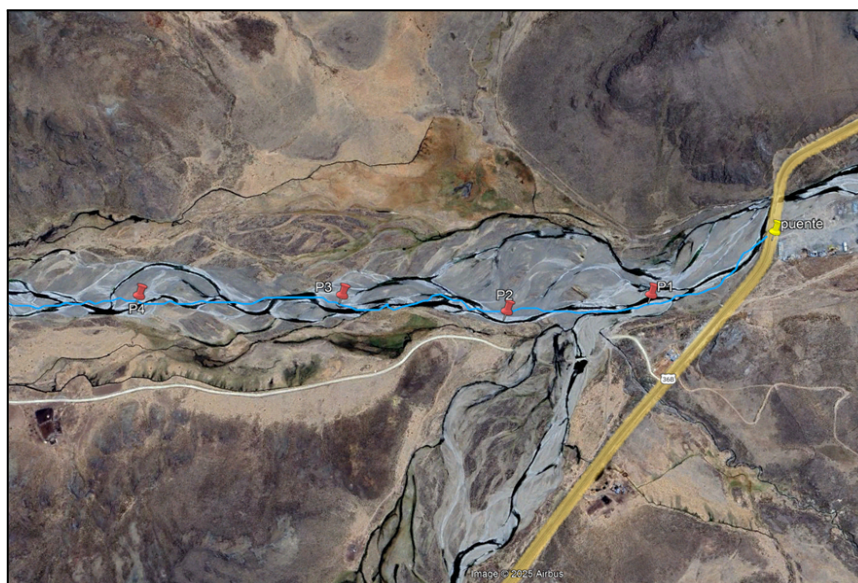


Figura 01: Ubicación del Río Titire

Fuente: Google Map: georreferencia

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de la investigación de estudio, estuvo constituida por todo el río, que tiene una extensión de 1000 m lineales, este río es una fuente para el consumo humano de las poblaciones cercanas, así como para la bebida de los animales que habitan en la zona.

3.2.2. MUESTRA

El tipo de muestra fue no probabilístico según criterio del investigador (Hernández & Mendoza, 2018) por lo que, en la investigación se tomó como muestra 4 puntos del río.

Muestreo	Coordenadas	
	Distancia	Coordenadas UTM
Punto de muestreo 1	250m	19S 38082091
Punto de muestreo 2	250m	19S 38082090
Punto de muestreo 3	250m	19S 37982091
Punto de muestreo 4	250m	19S 37982091

3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS

Para la presente investigación se utilizó técnicas de observación directa y muestreo ambiental, con el propósito de recolectar datos precisos sobre la calidad del agua del río Titire, ubicado en el distrito de Laraqueri, región Puno, durante el año 2025. Las técnicas seleccionadas y los instrumentos aplicados se definió en función de la naturaleza de las variables fisicoquímicas y microbiológicas, considerando los estándares nacionales establecidos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el Ministerio del Ambiente (MINAM).

Objetivo Específico 1: Analizar la concentración de parámetros fisicoquímicos del río Titire, distrito de Laraqueri, Puno, 2025.

La técnica utilizada para este objetivo fue de observación directa y muestreo puntual de agua superficial, los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- Botellas de polietileno de alta densidad (HDPE) previamente esterilizadas.
- Sonda multiparamétrica para mediciones in situ (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica).

- Nevera portátil con acumuladores de frío (para conservar las muestras a 4°C).
- GPS portátil para georreferenciar los puntos de muestreo.
- Ficha de registro de datos de campo.

El muestreo se realizó conforme al “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad del Agua de los Recursos Hídricos Superficiales” (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), en tres puntos estratégicos del río: zona alta (referencia), zona media (influencia antrópica), y zona baja (confluencia). Las muestras fueron tomadas con precauciones de esterilidad, refrigeradas, y trasladadas al laboratorio acreditado en un plazo no mayor a 24 horas. Se aplicó la cadena de custodia documentada, garantizando la trazabilidad de las muestras.

Objetivo Específico 2: Analizar la concentración de parámetros microbiológicos del río Titire, distrito de Laraqueri, Puno, 2025.

La técnica utilizada para este objetivo fue de muestreo microbiológico y observación directa, los instrumentos utilizados fue:

- Frascos estériles de 500 mL (vidrio borosilicato o polipropileno).
- Guantes estériles, pinzas de acero inoxidable, etiquetas impermeables.
- Torres de filtración y medios de cultivo para coliformes totales, *Escherichia coli* y enterococos fecales.
- Termómetro digital para control de temperatura de transporte.

El muestreo se realizó en los mismos tres puntos definidos para el objetivo anterior, siguiendo los lineamientos del mismo protocolo de la ANA (2016). Las muestras fueron tomadas en zonas de corriente activa a 20-30 cm de profundidad. Se garantizó la asepsia en todo momento y se dejó un espacio libre en el frasco para su agitación en laboratorio. Las muestras fueron refrigeradas a 4°C y trasladadas en un periodo de 4 a 6 horas; en caso de distancias mayores, se utilizó tiosulfato de sodio para preservar su viabilidad. También se aplicó la cadena de custodia con registros detallados del muestreo, transporte y recepción en laboratorio, conforme a estándares del DS N° 004-2017-MINAM.

Ambas técnicas están orientadas a garantizar la validez y confiabilidad de los datos, utilizando procedimientos normalizados de muestreo, conservación y análisis. Esta metodología permitirá comparar los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa ambiental vigente en el Perú.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 01: Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Variable independiente	Parámetros fisicoquímicos y Parámetros microbiológicos	pH, temperatura, DBO, DQO, Turbidez, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto
Variable dependiente	Parámetros microbiológicos	Coliformes fecales, termotolerantes
Calidad del agua	Según ECA del agua	Comparación con los parámetros del ECA del agua

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño de esta investigación fue no experimental ya que se centró en la descripción de las variables teniendo en cuenta la obtención de datos en un solo momento (Hernández et al., 2014), la investigación fue de tipo descriptivo-transversal, la cual permite describir características del objeto en estudio. La investigación siguió un método cuantitativo, la cual se basa en la comprensión de hechos en específico para analizar un grupo en cuestión, ya que tiene gran fiabilidad (Arroyo, 2020).

Para la recolección de datos, se tomó en cuenta la conservación de la muestra de acuerdo a la Autoridad Nacional de Agua especificado en el Anexo 2, para ello se enjuagó los frascos de plástico esterilizados para las muestras para análisis fisicoquímico

y de vidrio para el análisis microbiológico de 150 ml tres veces con agua de la muestra y se llenó los frascos hasta una o dos pulgadas desde el borde superior, luego se colocó las muestras en una hielera o cooler con hielo para su entrega inmediata o envío al laboratorio, tomando en cuenta el formato de cadena de custodia como indica en el Anexo 5, además de registrar los datos correspondientes en el registro de campo (ver Anexo 3). Se etiquetó las muestras, con la fecha, hora y lugar de recolección y el nombre del recolector de la muestra como indica en el Anexo 4.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ANALIZAR LA CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL RÍO TITIRE DISTRITO DE LARAQUERI - PUNO, 2025.

Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos del río se tomó en cuenta 4 puntos de muestreo. Las cuales se llevaron a laboratorio “Megalaboratorios químicos de los Andes S.A.C” (ver Anexo 6), a continuación se presenta el análisis e interpretación de los resultados fisicoquímicos del agua del río Titire obtenidos en cuatro puntos de muestreo, comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 1, Subcategoría A1, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM, que aplica a aguas destinadas a consumo humano con desinfección.

Tabla 02: Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua comparados con los valores del ECA

Parámetros	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Promedio	ECA D.S. 004-2017-MINAM Categoría 1-A1
pH		3.07	4.56	4.49	4.48	4.15	6.5 - 8.5
Conductividad Eléctrica	mS/cm	3.2	3.05	2.94	3.2	3.0975	1.50
Temperatura	°C	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	30
Sólidos Disueltos Totales	g/l	1.6	1.5	1.47	1.6	1.5425	0.1
Dureza total	mg/l	1900	1938	1881	1805	1881	500
Alcalinidad	mg/l	8650.2	8761.1	8539.3	7984.8	8483.85	-
Cloruros	mg/l	524.8	553.17	496.44	439.7	503.5275	250
Sulfatos	mg/l	360	360	360	360	360	250
Nitratos	mg/l	1.8	2.1	2.2	2.3	2.1	50
Calcio	mg/l	0	0	0	0	0	-
Magnesio	mg/l	458.5	467.67	453.91	435.57	453.9125	-

En la tabla 2, se muestran los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Titire comparados con los valores del ECA, la cual revela que el agua del río, en su estado actual, no es apta para el consumo humano sin tratamiento. La acidez, la elevada dureza, los altos niveles de cloruros y sólidos disueltos, así como la conductividad, apuntan a una calidad de agua comprometida, posiblemente influenciada por factores geológicos y antrópicos.

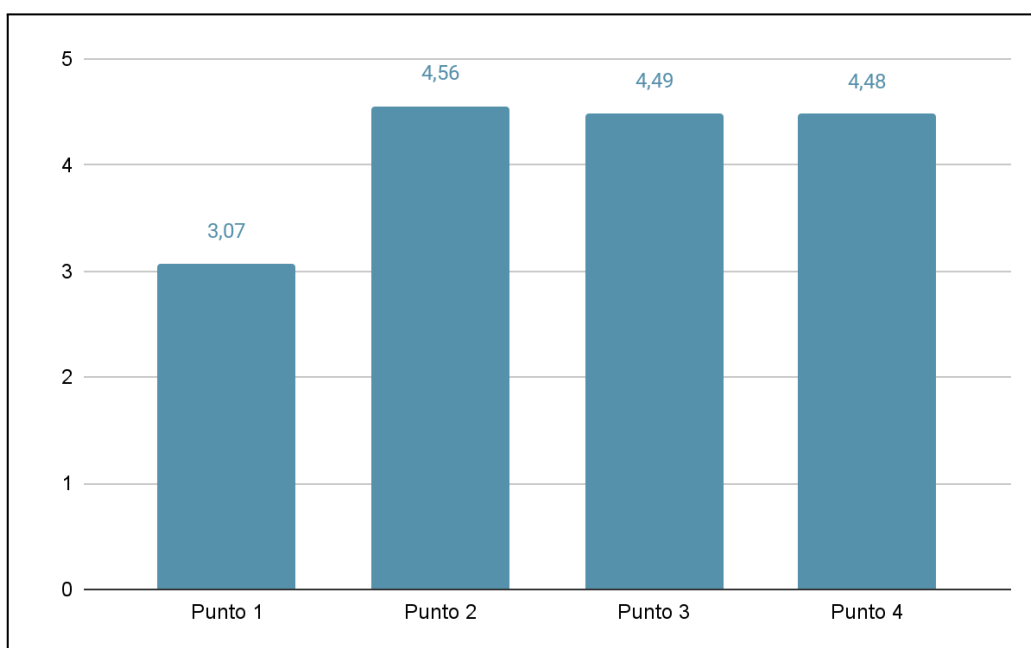


Figura 02: Resultados de pH

Interpretación: El pH del agua en los cuatro puntos evaluados (3.07 a 4.48), (Figura N°2), se encuentra muy por debajo del rango establecido por el ECA (6.5 - 8.5). Los resultados muestran una acidez extrema con pH entre 3.07 y 4.56, lo que indica una fuerte alteración del equilibrio químico del agua, estos niveles tan bajos son similares a los observados en contextos afectados por actividad minera, como señala Cruz (2023), quien, en el río San Juan en Cerro de Pasco, también identificó valores de pH ácidos, por lo que coinciden.

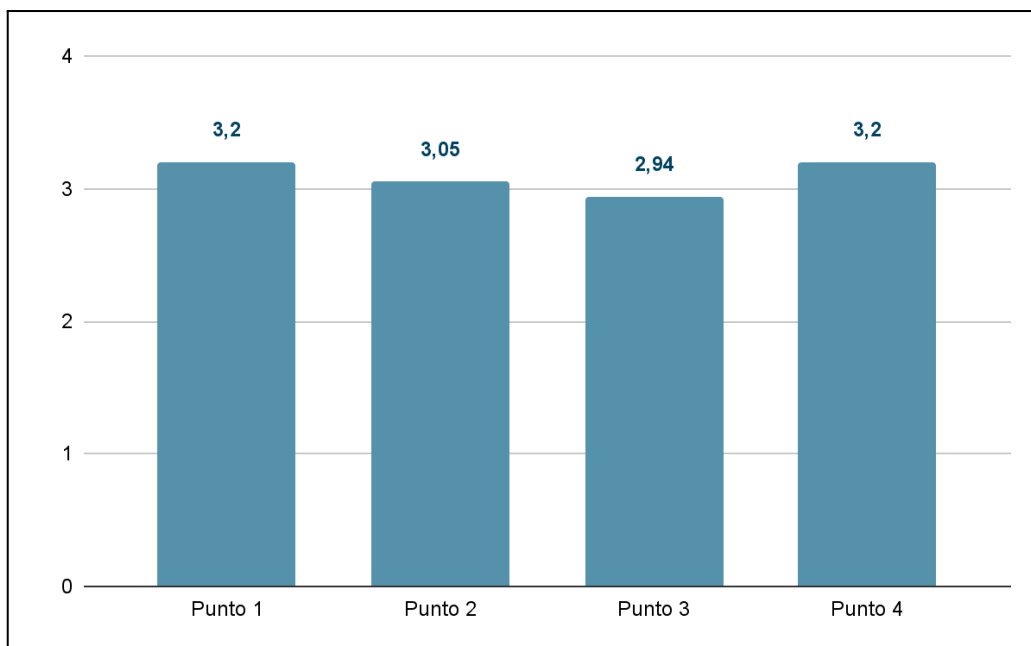


Figura 03: Resultados de conductividad eléctrica mS/cm

Interpretación: Los valores de CE (2.94 a 3.20 mS/cm) (Figura N°3) en todos los puntos exceden el límite permitido de 1.5 mS/cm, lo que indica una elevada concentración de iones disueltos. Este exceso puede estar relacionado con minerales lixiviados o contaminación antropogénica, como actividades mineras o aguas subterráneas mineralizadas; una alta CE implica mayor corrosividad, afecta el sabor del agua y requiere tratamientos especializados como desmineralización, no es apta para consumo sin procesos avanzados. La elevada conductividad eléctrica (2.94 a 3.20 mS/cm) y la concentración de sólidos disueltos totales (1.47 a 1.6 g/L) indican una mineralización excesiva del agua, superando ampliamente los límites establecidos por la OMS (500 mg/L para SDT); este hallazgo es comparable con lo reportado por Díaz et al. (2024), quienes identificaron que el agua en la Base Marambio de la Antártida tenía SDT superiores a 500 mg/L, requiriendo la instalación de sistemas de ósmosis inversa para su tratamiento.

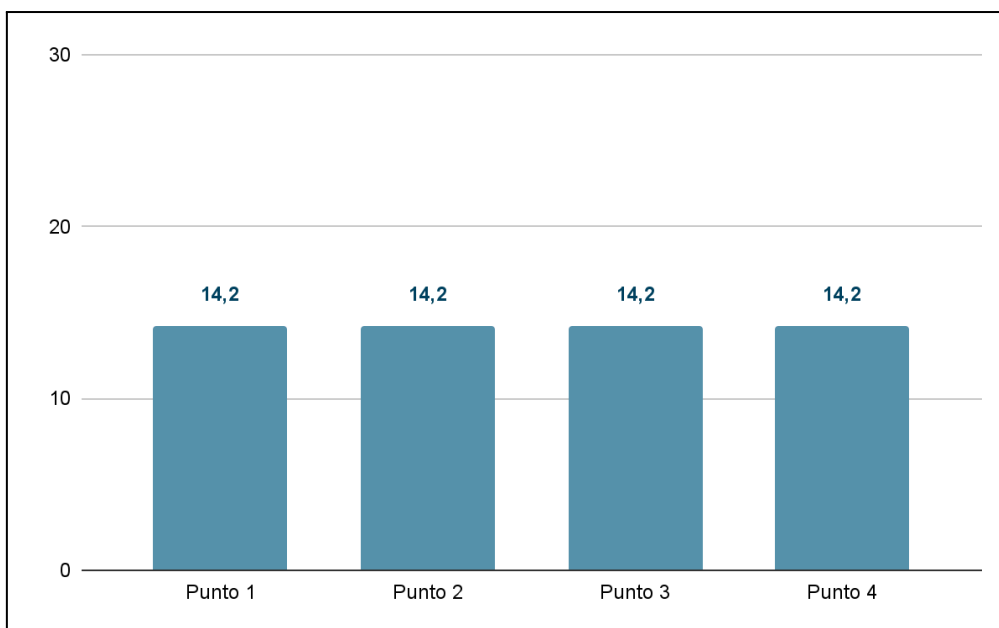


Figura 04: Resultados de temperatura °C

Interpretación. La temperatura del agua se mantiene constante en los cuatro puntos (14.2 °C) (Figura N°4), estando muy por debajo del límite de 30 °C establecido por el ECA. Esto refleja una condición térmica natural y estable, típica de zonas altoandinas como Laraqueri, no se observan alteraciones térmicas ni influencia industrial o urbana significativa. Este parámetro es favorable para la calidad ecológica del río, permitiendo la vida acuática y el tratamiento convencional del agua.

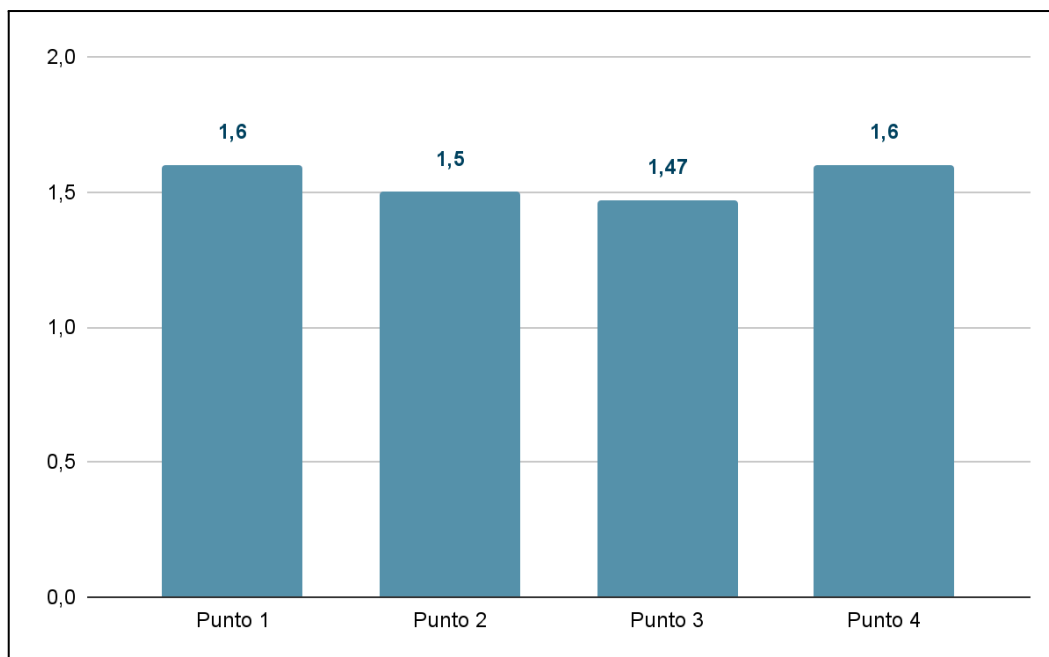


Figura 05: Resultados de Sólidos Totales Suspendedos g/L

Interpretación. Los TDS reportados (1.47 a 1.6 g/L) (Figura N°5) superan 15 veces el valor permitido por el ECA (0.1 g/L), lo que indica un nivel severamente alto de sales disueltas. Esta condición afecta el sabor del agua, reduce la efectividad del cloro y puede tener efectos laxantes o tóxicos, especialmente en niños o personas sensibles, la elevada concentración de TDS refleja una fuente de contaminación persistente, y exige un tratamiento avanzado como la ósmosis inversa para potabilización.

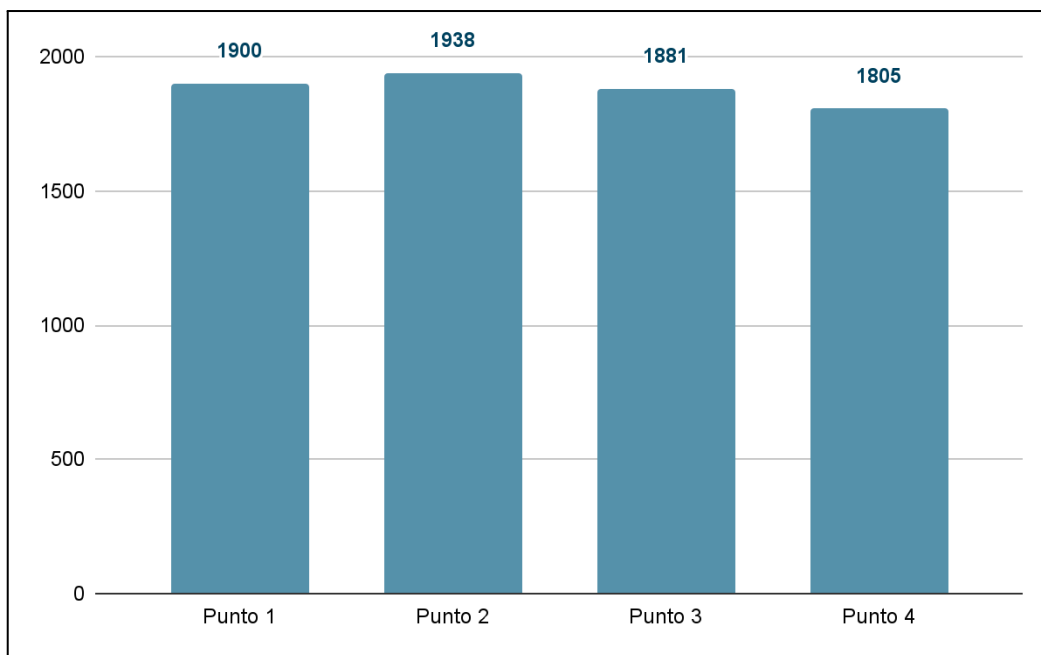


Figura 06: Resultados de dureza total mg/L

Interpretación. Los niveles de dureza (1805 a 1938 mg/L) (Figura N°6) triplican el límite máximo del ECA (500 mg/L), clasificando al agua como extremadamente dura. Este tipo de agua es inadecuada para el consumo humano directo, ya que afecta el sabor, produce sarro en instalaciones y disminuye la eficacia de productos de limpieza; su origen podría estar relacionado con altos niveles de magnesio y procesos de disolución geológica. La dureza total del agua en el río Titire (1805 a 1938 mg/L) excede más de tres veces el valor máximo recomendado (500 mg/L), resultado posiblemente vinculado a los niveles anómalos de magnesio (435.57 a 467.67 mg/L) y ausencia de calcio, esta composición mineral tan desequilibrada contrasta con lo registrado por Ruiz (2022) en su investigación en Oxapampa, donde los valores de dureza eran adecuados (80–100 mg/L de CaCO_3) y no representan riesgos para la salud ni el sistema de distribución.

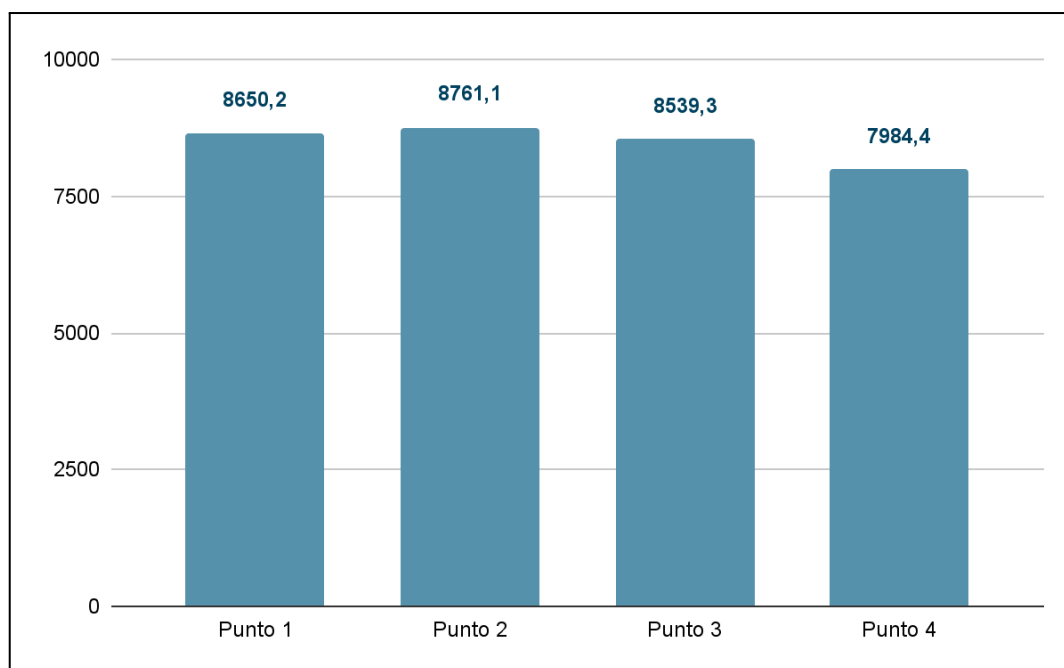


Figura 07: Resultados de alcalinidad mg/L

Interpretación. Los valores de alcalinidad (7984.8 a 8761.1 mg/L) (Figura N°7) son anormalmente altos y contradictorios con el pH ácido registrado, lo cual sugiere una posible incongruencia en los datos o errores en el análisis; en condiciones normales, una alcalinidad tan alta debería estar asociada a un pH neutro o básico. Este parámetro podría haber sido alterado por la presencia de carbonatos o bicarbonatos no equilibrados. La alta alcalinidad (7984.8 a 8761.1 mg/L) es contradictoria frente a la fuerte acidez del pH, lo que sugiere la presencia de compuestos no evaluados como bicarbonatos, carbonatos o incluso intervención de aguas subterráneas contaminadas, esta disonancia química amerita un estudio más profundo, ya que contradice comportamientos observados en aguas rurales andinas, como en el estudio de Sosa (2022), donde los niveles de pH y alcalinidad estaban equilibrados y dentro del rango óptimo.

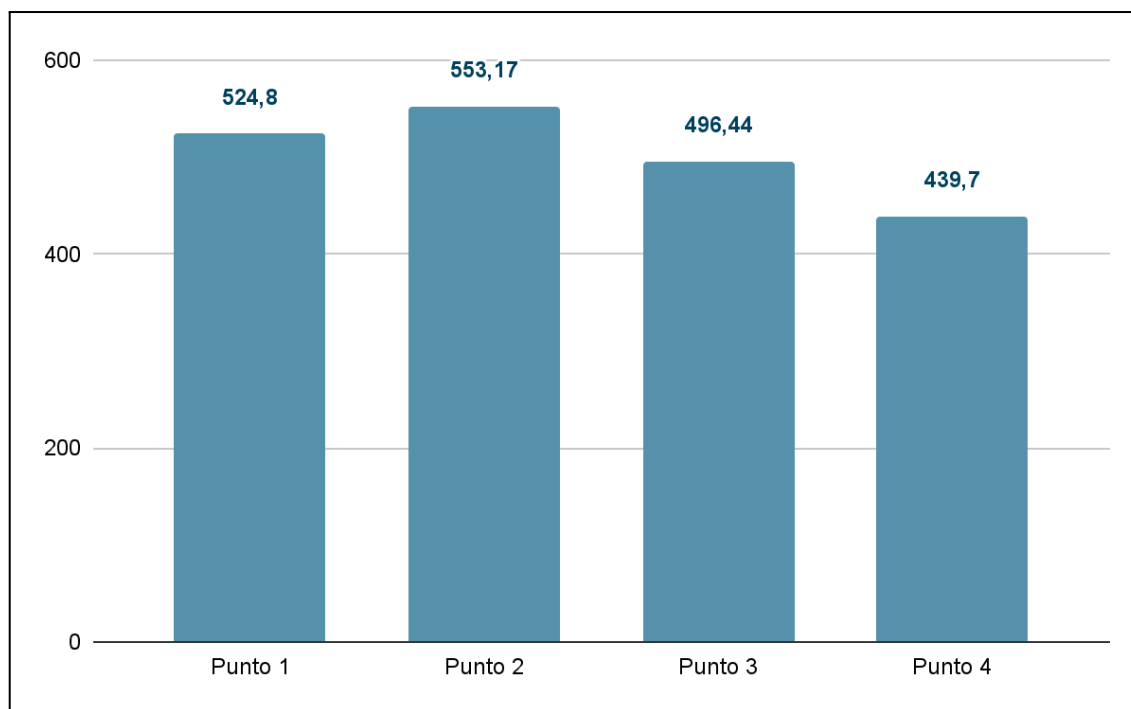


Figura 08: Resultados de concentración de cloruros mg/L

Interpretación. Los cloruros presentan niveles elevados (439.7 a 553.17 mg/L) (Figura N°8), superando el doble del límite ECA (250 mg/L). Su presencia puede estar relacionada con lixiviación mineral o aportes salinos de origen geológico y minero, lo cual genera un sabor salado y aumenta la corrosividad del agua. Este exceso también puede dañar infraestructuras hidráulicas y afectar la salud a largo plazo si se consume sin tratamiento. Su reducción requiere tratamientos como intercambio iónico o filtración específica.

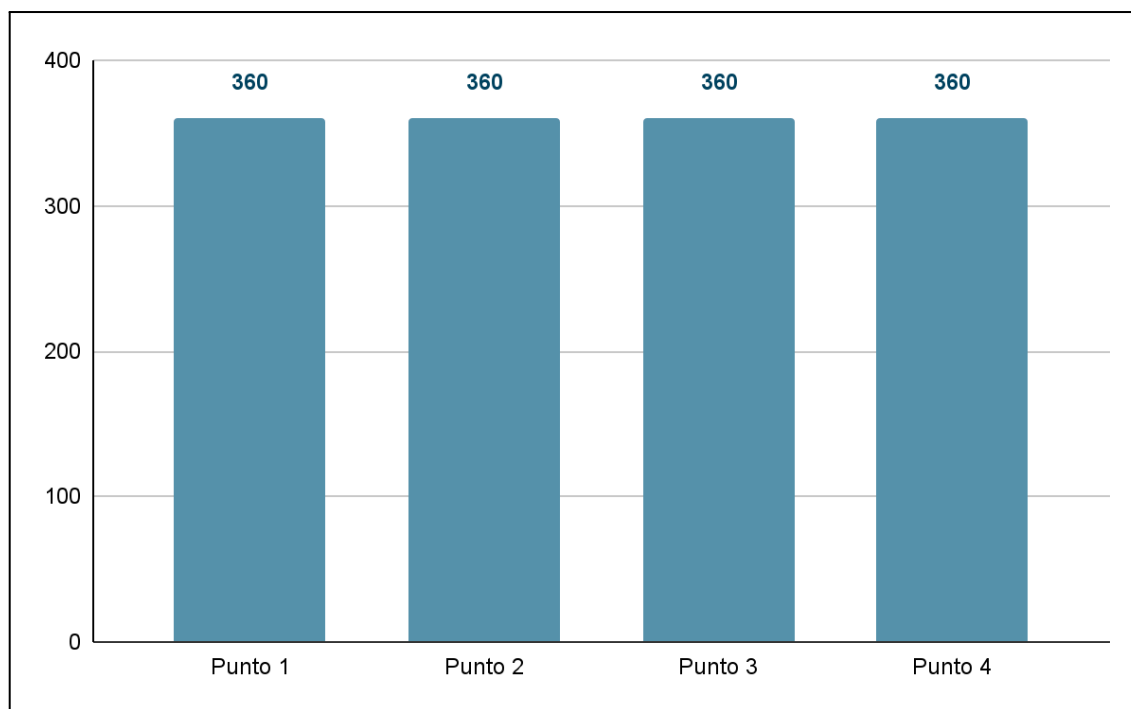


Figura 09: Resultados de concentración de sulfatos mg/L

Interpretación. El valor constante de sulfatos (360 mg/L) (Figura N°9) en todos los puntos excede el límite ECA de 250 mg/L, lo que sugiere una fuente sostenida y difusa de contaminación, posiblemente natural o mineral, el exceso de sulfatos puede causar efectos laxantes cuando se combina con altas concentraciones de magnesio, y afectar el sabor del agua y aunque no son los contaminantes más peligrosos, su tratamiento es importante para asegurar la potabilidad. Se identificó que las concentraciones de sulfatos (360 mg/L) y cloruros (entre 439.7 y 553.17 mg/L) superan los valores guía establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua destinada al consumo humano, los cuales no deben exceder los 250 mg/L, estos niveles elevados pueden generar efectos adversos como propiedades laxantes en la población, corrosión en las tuberías e infraestructuras de conducción, además de alterar negativamente el sabor del agua, en contraste, el estudio de Ñahui (2023), realizado en la región de Huancavelica, reportó condiciones más estables respecto a estos parámetros, ya que se mantuvieron dentro de los límites aceptables; sin embargo, en ese caso, el principal problema identificado fue la contaminación microbiológica.

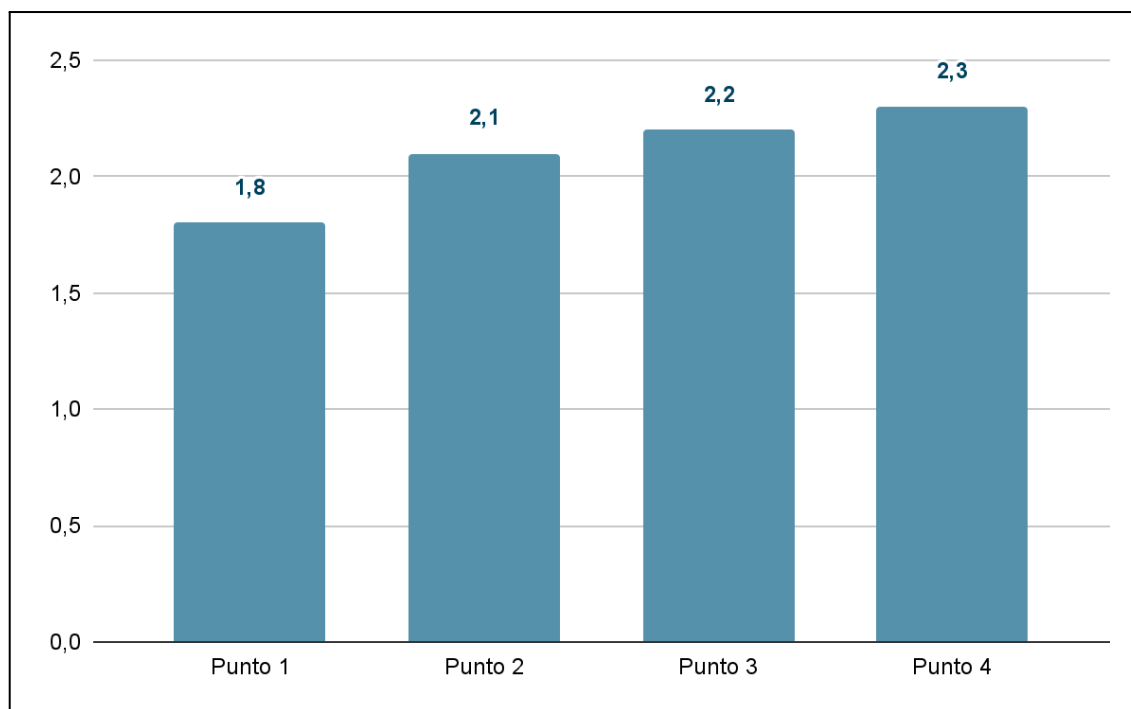


Figura 10: Resultados de concentración de nitratos mg/L

Interpretación. Los niveles de nitratos (1.8 a 2.3 mg/L) (Figura N°10) están muy por debajo del límite permitido (50 mg/L), lo que indica ausencia de contaminación agrícola o fecal reciente. Esta condición es favorable y sugiere que no hay aporte significativo de fertilizantes nitrogenados ni descarga de aguas residuales domésticas. Este parámetro es fundamental para evitar riesgos como la metahemoglobinemia infantil, por lo que su cumplimiento es un aspecto positivo dentro del conjunto de resultados. Si bien algunos valores como el de nitratos (1.8 a 2.3 mg/L) se mantienen dentro de lo permisible, su presencia podría estar relacionada con escorrentía agrícola o infiltración de aguas negras. Los hallazgos coinciden con múltiples investigaciones nacionales e internacionales, como las de Díaz et al. (2024), Cruz (2023), y Olivera (2022), quienes advierten sobre el impacto de metales, sales disueltas y microorganismos en cuerpos de agua utilizados para consumo humano. Por tanto, se recomienda no solo un monitoreo continuo y riguroso, sino la implementación de tecnologías de remediación adecuadas como sistemas de filtración avanzada, ósmosis inversa o tratamientos con carbón activado y desinfección con cloro, garantizando así la seguridad hídrica de la población.

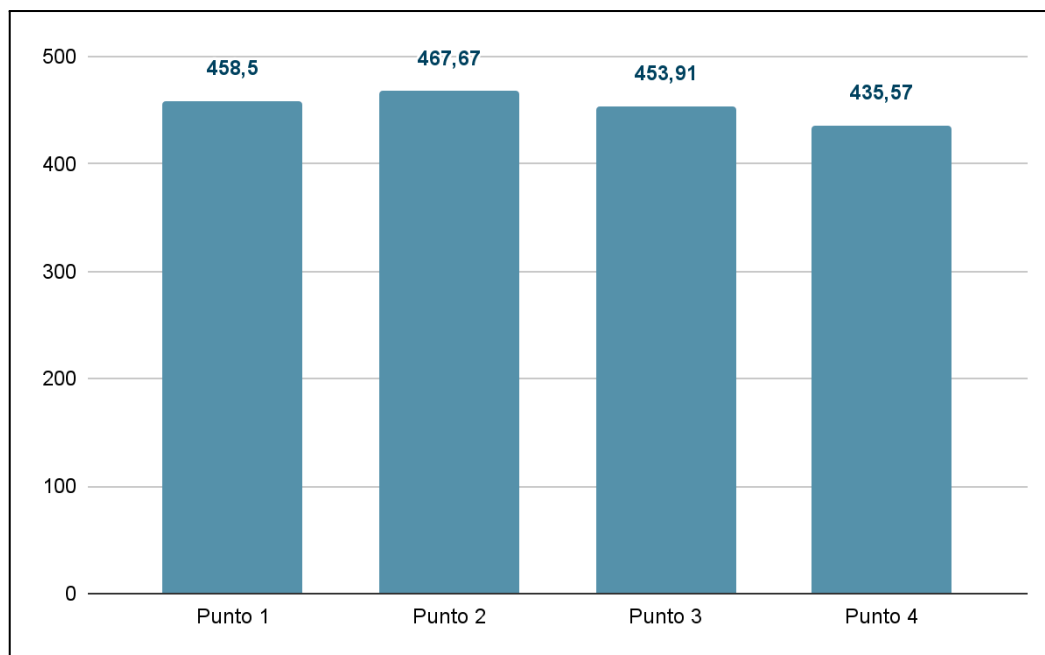


Figura 11: Resultados de concentración de Magnesio mg/L

Interpretación. El magnesio presenta valores elevados (435.57 a 467.67 mg/L) (Figura N° 11), y aunque no tiene un límite específico en el ECA, su presencia a estos niveles es probablemente la principal causa de la alta dureza. El magnesio en exceso puede provocar sabor amargo, efectos laxantes y corrosividad en sistemas hidráulicos. Su origen es probablemente natural, por disolución de rocas ígneas y sedimentarias. Para consumo humano, este valor debe controlarse mediante procesos de ablandamiento o filtración selectiva. La presencia de altas concentraciones de sales y minerales sugiere no solo fuentes geológicas naturales, sino también descargas antropogénicas, especialmente de origen minero, como lo confirma también Olivera (2022), quien encontró indicadores de contaminación severa en los ríos Torococha y Coata, producto de actividades antrópicas.

4.2. ANALIZAR LA CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL RÍO TITIRE DISTRITO DE LARAQUERI - PUNO, 2025.

Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos del río se tomó en cuenta 4 puntos de muestreo. Las cuales se llevaron a laboratorio "Megalaboratorios químicos de los Andes S.A.C" como se observa en el Anexo 6, se presenta el análisis e interpretación de los

resultados microbiológicos del agua del río Titire obtenidos en cuatro puntos de muestreo, comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 1, Subcategoría A1, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM, que aplica a aguas destinadas a consumo humano con desinfección.

Tabla 03: Resultados de los parámetros microbiológicos del agua comparados con los valores del ECA

Parámetros	Unidad	ECA D.S. 004-2017-MINAM Categoría 1-A1			
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4 Promedio
Coliformes totales	NMP/100ml	220	200	180	190
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	45	40	35	37.5

La interpretación general de la tabla microbiológica revela un estado preocupante de la calidad del agua del río Titire en el distrito de Laraqueri. Tanto los coliformes totales (160 a 220 NMP/100 ml) como los coliformes termotolerantes (30 a 45 NMP/100 ml) superan los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM para la Categoría 1-A1, que es aplicable a aguas destinadas a consumo humano sin tratamiento o con desinfección simple. Estos resultados evidencian una contaminación de origen fecal, lo que representa un riesgo potencial para la salud pública y puede favorecer la transmisión de enfermedades entéricas si el agua es utilizada sin una adecuada purificación.

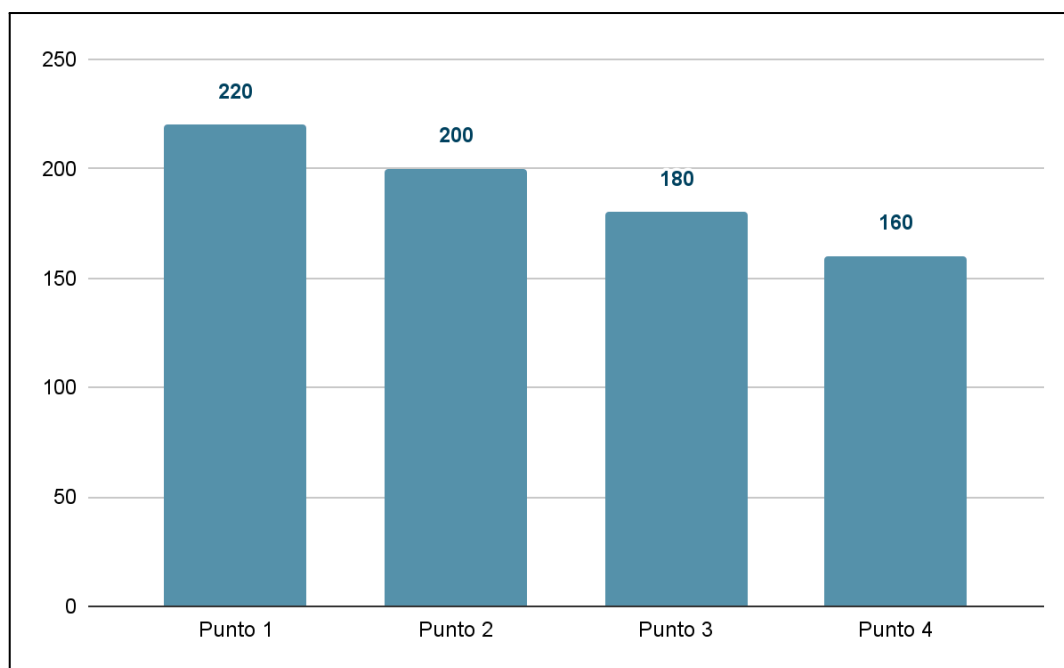


Figura 12: Resultados de coliformes totales NMP/100 ml

Interpretación. Los valores de coliformes totales en los cuatro puntos de muestreo (160 a 220 NMP/100 ml) (Figura N° 12) exceden de forma significativa el límite permitido por el ECA (50 NMP/100 ml). Esto indica una contaminación microbiológica importante, probablemente de origen fecal o ambiental, debido a aguas residuales, pastoreo cercano o fauna silvestre. Esta condición representa un riesgo para la salud pública, ya que los coliformes pueden actuar como indicadores de presencia de patógenos como *Salmonella*, *E. coli* o *Giardia*. El agua con estos niveles no es apta para consumo humano sin una desinfección previa rigurosa. Los coliformes totales (160 a 220 NMP/100 ml) y termotolerantes (30 a 45 NMP/100 ml) confirman una contaminación fecal importante. Esta situación coincide con los hallazgos de Mendez (2023) y Ccaso (2024), quienes reportaron presencia de coliformes totales y *Escherichia coli* en sistemas de distribución de agua en zonas rurales y urbanas, representando un serio riesgo de enfermedades de origen hídrico. Mendez (2023) concluyó que, a pesar de cumplir con los parámetros fisicoquímicos, el agua no era apta para consumo sin tratamiento debido a la presencia de microorganismos, esta problemática también es común en zonas altoandinas del país,

como en el estudio de Ñahui (2023) en Yauli, donde varios centros poblados presentaban contaminación biológica a pesar de tener características fisicoquímicas aceptables.

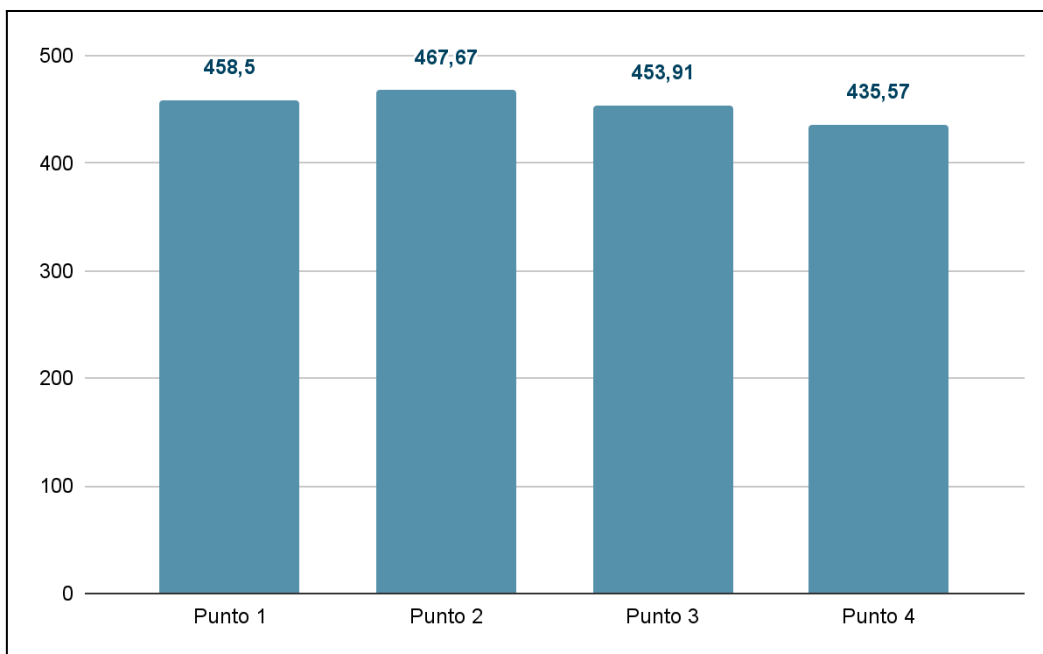


Figura 13: Coliformes Termotolerantes NMP/100 ml

Interpretación. Los coliformes termotolerantes (también conocidos como coliformes fecales) presentan valores entre 30 y 45 NMP/100 ml (Figura N° 13), superando casi el doble del límite permitido por el ECA (20 NMP/100 ml). Su presencia confirma una contaminación fecal directa, lo cual es un indicador más preciso de riesgo sanitario que los coliformes totales. Esto puede estar relacionado con la descarga de aguas residuales sin tratamiento o escorrentía de zonas ganaderas. Esta contaminación es particularmente crítica, ya que puede incluir patógenos entéricos que causan enfermedades gastrointestinales agudas.

CONCLUSIONES:

Primera.- Se concluye que el agua del río Titire no cumple con los estándares de calidad establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para su uso como agua potable. La evaluación integral de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos demuestra la presencia significativa de contaminantes que superan los límites permisibles, lo cual representa un riesgo para la salud de las poblaciones cercanas que pudieran hacer uso de esta fuente de agua.

Segunda.- El análisis de los parámetros fisicoquímicos reveló que el agua del río presenta condiciones desfavorables para el consumo humano. Se registró un pH promedio de 4.15, indicando un nivel de acidez elevado, y una conductividad eléctrica de 3.09 mS/cm, lo que refleja una alta concentración de sales disueltas. Asimismo, se identificaron niveles de sólidos disueltos totales de 1.54 g/L, dureza total de 1881 mg/L, cloruros hasta 503.52 mg/L y sulfatos de 360 mg/L, todos por encima de los límites establecidos por el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

Tercera.- En cuanto a los parámetros microbiológicos, se evidenció la presencia de coliformes totales (190 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (37.5 NMP/100 mL), excediendo ampliamente el valor permitido de 0 NMP/100 mL para agua destinada al consumo humano. Este hallazgo confirma una contaminación microbiológica activa, probablemente ocasionada por vertimientos domésticos, el tránsito de animales silvestres o domésticos, y la falta de infraestructura sanitaria adecuada en la cuenca del río. Esta situación representa una amenaza directa para la salud pública y resalta la necesidad de intervenciones inmediatas.

RECOMENDACIONES

Primera.- Se recomienda a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) implementar un sistema de monitoreo permanente de la calidad del agua en el río Titire, que incluya estaciones de muestreo en puntos críticos y análisis periódicos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Segunda.- Se sugiere a los centros de investigación ambiental y universidades realizar estudios complementarios de carácter interdisciplinario que permitan identificar con mayor precisión las fuentes puntuales y difusas de contaminación fisicoquímica, especialmente aquellas relacionadas con actividades mineras formales e informales, así como procesos geológicos naturales.

Tercera.- Se recomienda a las autoridades locales, regionales, el Ministerio del Ambiente y las organizaciones comunitarias formular e implementar un Plan Integral de Gestión de los Recursos Hídricos del río Titire.

BIBLIOGRAFÍA

- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Resolución Jefatural N° 010—2016-ANA: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*.
Autoridad Nacional del Agua.
<https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/538681-r-j-010-2016>
- Ccaso, C. (2024). *Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de los manantiales Titin Phuju y Q'uespi Phuju ara consumo humano del Centro Poblado de Huarahuarani Provincia de El Collao—2024*. [Tesis, Universidad Privada San Carlos].
<https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/1022>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2019). *La minería en América Latina: Un enfoque desde el desarrollo sostenible*.
- Condezo, J., & Alarcon, N. (2024). *Calidad del agua del río San Juan de acuerdo al D.S. N° 004-2017- MINAM aplicando el Arc Gis – Pasco, 2022* [Tesis, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/4378/1/T026_71001029_T.pdf
- Congreso de la República. (1996). *Ley General de Aguas DECRETO LEY N° 17752*.
- Congreso de la República. (2005). *Ley N° 28611—Ley General del Ambiente*. 46.
- Cruz, A. (2023). *Análisis del comportamiento de la calidad del agua por concentración de metales pesados de efluentes mineros: Caso río San Juan, Cerro de Pasco* [Tesis (Licenciatura), Universidad Nacional de San Agustín].
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_7f088181bc5969b490545bcdc13f3729
- Díaz, B., Birgi, J., Gargaglione, V., Araujo, C., & Peri, P. (2024). Calidad del agua para consumo humano y producción hidropónica en Bases Antárticas Conjuntas de Argentina. *Informes Científicos Técnicos*, 16(1), 1-23.
<https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v16.n1.1096>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.

- Instituto Nacional de Salud. (2019). *Informe sobre los riesgos para la salud por metales pesados en Perú*. INS.
- Lopez, D., Sanchez, M., & Herrera, E. (2021). *Monitoreo de metales pesados en ríos de la región de Puno, Perú: Situación y desafíos*. *Boletín de Investigación Ambiental*, 38(1), 76-92.
- Méndez, L. A. (2023). Calidad y estado sanitario del agua distribuida para consumo humano en Guastatoya, El Progreso. *Revista Científica Internacional*, 6(1), 21-30. <https://doi.org/10.46734/revcientifica.v6i1.60>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias*. 4.
- Novoa, H. H., Arizaca, A., & Huisa, F. (2022). Efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 24(3), 182-189. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.361>
- Ñahui, D. (2023). *Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica—2023* [Tesis]. Universidad Continental.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Contaminación por metales pesados y su impacto en la salud humana*. OMS.
- Ospina, O., & Cardona, O. (2021). Evaluación de la contaminación por aluminio del agua para consumo humano, región central de Colombia. *Inge CuC*, 17(2), 31-41. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.2.2021.04>
- Ramos, J., Herrera, F., & Torres, M. (2020). Impacto de la minería sobre la calidad del agua en el río Desaguadero, Perú. *Revista de Ciencias Ambientales*, 34(2), 112-124.
- Ruiz, E. (2022). *Análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad del agua para consumo humano del Centro Poblado de Buena Vista, Distrito De Pozuzo, Provincia De Oxapampa—Perú, 2021*. [Tesis, Universidad Nacional Alcides

- Carrión]. <http://45.177.23.200/handle/undac/2606>
- Sanchez, M. (2019). *Descontaminación del Río Rímac* [Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3301>
- Sosa, C. (2022). *Estudio de la calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros fisicoquímico y microbiológico según el DS N° 031 – 2010 – SA en el Centro Poblado rural de Yapac y San Antonio de Chucchuc del distrito de Colpas Huánuco – 2021* [Tesis, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUND_e34f9126cd0c01eb6da9efb69b0b6b40/Description
- Toledo, F. (2021). *Revisión Sistemática: Tecnologías de Tratamiento de Aguas Contaminadas con Metales Pesados para su Aplicación en el Ámbito Social, 2021* [Tesis, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73290/Toledo_TFJ-S D.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TÍTULO: Calidad del agua para consumo humano del río Titire del distrito de Laraqueri- Puno, 2025							
PROBLEMA General	OBJETIVOS		HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
	General	Específicos					
¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano del río Titire del distrito de Laraqueri - Puno, 2025?	Evaluar la calidad del agua para consumo humano del río Titire del distrito de Laraqueri - Puno, 2025.		<p>La calidad del agua para consumo humano del río Titire según ECA del agua están fuera de los parámetros establecidos del distrito de Laraqueri - Puno del 2025.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - La concentración de los parámetros fisicoquímicos del río Titire en el distrito de Laraqueri - Puno, 2025, presenta concentraciones altamente significativas con respecto a los estándares de calidad ambiental establecidos para cuerpos de agua. - La concentración de parámetros microbiológicos en el río Titire del distrito de Laraqueri - Puno, 2025, presenta concentraciones altamente significativas sobrepasando los límites permitidos para agua destinada al consumo humano o actividades recreativas, indicando contaminación microbiológica. 	<p>V.I.</p> <p>Parámetros físico químico y microbiológico</p>	<p>Parámetros fisicoquímicos: (pH, temperatura, DBO, DQO, Turbidez, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto</p>	<p>DS.</p> <p>N°004-2017-MINAM</p> <p>CATEGORIA Y SUB CATEGORIA</p> <p>LABORATORIO</p>	<p>Diseño: No Experimental, Tipo: descriptivo-transversal</p> <p>Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>Población/muestra: 1000 lineales y la muestra no probabilística y por conveniencia</p> <p>Análisis: Estadística Descriptiva</p>
Específicos	Específicos	Específicos					
¿Cuál es la concentración de parámetros fisicoquímicos del río Titire distrito de Laraqueri - Puno, en el año 2025?	Analizar la concentración de parámetros fisicoquímicos del río Titire distrito de Laraqueri - Puno, 2025.				Parámetros microbiológicos: (Coliformes fecales, termotolerantes)		
¿Cuál es la concentración de parámetros microbiológicos del río Titire distrito de Laraqueri - Puno, 2025?	Analizar la concentración de parámetros microbiológicos del río Titire distrito de Laraqueri - Puno, 2025.			V.D.	ECA del agua	ECA del agua	

Anexo 02: Conservación de la muestra de acuerdo a la R.J. 010-2016-ANA

ANEXO VII
CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRA DE AGUA EN FUNCIÓN
DEL PARÁMETRO EVALUADO



PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
Químico-Físicos			
Oxígeno disuelto	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
	Botellas de vidrio Winkler	Fijar el oxígeno. Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	4 días
pH	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Temperatura	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
Conductividad eléctrica	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Turbiedad	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
Bicarbonatos	Plástico o vidrio		14 días
Carbonatos	Plástico o vidrio		14 días
Cianuro libre	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	7 días (24 horas si está presente sulfuro)
Cianuro WAD			
Cianuro total	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	14 días (24 horas si está presente sulfuro)
Cloruros	Plástico o vidrio		1 mes
Color	Plástico o vidrio	Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	5 días
Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días	Plástico o vidrio	Llenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
	Plástico	Congelar por debajo de -18° C. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	1 mes (6 meses si >50 mg/L)
Demanda química de oxígeno	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con H ₂ SO ₄	6 meses
	Plástico	Congelar por debajo de -18°C.	6 meses
Dureza	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes
Fluoruros	Plástico, pero sin PTFE		1 mes
Olor	Vidrio	Se puede realizar un análisis cualitativo <i>in situ</i> .	6 horas
Silicatos	Plástico		1 mes
Sólidos disueltos totales	Plástico o vidrio		7 días
Sólidos suspendidos totales	Plástico o vidrio		2 días
Sulfatos	Plástico o vidrio		1 mes
Sulfuros	Plástico	Fijar el sulfuro al agregar 2 ml de solución de acetato de zinc. Si el pH no está entre 8,5 y 9,0, agregar NaOH. Si se sospecha que el agua ha sido clorada, por cada 1000 ml de muestra agrega 80 mg de Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O al recipiente tras la recolección de la muestra (o tras el muestreo).	7 días
Sulfuro de hidrógeno			



Anexo 03: Registro de datos de campo

Registro de Datos en Campo

CUENCA: _____ REALIZADO POR: _____
 AAA/ALA: _____ RESPONSABLE: _____

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas ¹		Altura msnm	Fecha	Hora	pH	T	OD	COND	Caudal ² profundidad m ³ /s o m	Observaciones ³
						*C	mg/L					µS/cm				

¹ Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.
² Para el caso de cuerpo lótico, indicar el caudal. Para el caso de cuerpo léntico o marino-costero, indicar la profundidad.
³ Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

 Firma del Responsable del Monitoreo


Anexo 04: Etiqueta para muestra de agua

Etiqueta para Muestra de Agua

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Anexo 06: Resultados de laboratorio M1



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C

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

INFORME DE ENSAYO 0060/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA RIO TITIRE.

PROCEDENCIA : RIO TITIRE
INTERESADO : NIELSEN BRUSS TOVAR MAMANI.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 08/05/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 09/05/2025.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Turbio.
Color : Claro Gris.

CARACTERÍSTICAS FISICOS:

PARAMETROS	UNIDAD	M1	METODOLOGÍA
COORDENADAS		Distancia: 250m UTM: 19S 3808209	
pH		3.07	Electrométrico
C.E	mS/cm	3.20	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	14.2	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	1.6	Evaporación y pesaje

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

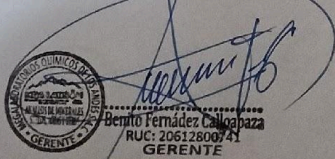
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	1900	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	8650.2	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	524.80	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/l	360	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	1.8	método colorimétrico
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	0.00	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	458.50	Titulación con EDTA

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	220
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	45

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

- NOTA. - La muestra se recibió en el laboratorio.




Benito Fernández Calloapaza
 RUC: 20612800741
 GERENTE

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgola - Puno
 Cel. 973296546 – 993449078 – 983003185

Figura 14: Resultados de laboratorio M1

Anexo 07: Resultados de laboratorio M2



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

INFORME DE ENSAYO 0061/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA RIO TITIRE.

PROCEDENCIA : RIO TITIRE
INTERESADO : NIELSEN BRUSS TOVAR MAMANI.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 08/05/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 09/05/2025.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Turbio.
Color : Claro Gris.

CARACTERÍSTICAS FISICOS:

PARAMETROS	UNIDAD	M2	METODOLOGÍA
COORDENADAS		Distancia: 250m UTM: 19S 3808209	
pH		4.56	Electrométrico
C.E	mS/cm	3.05	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	14.2	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	1.5	Evaporación y pesaje

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:


Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	1938	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	8761.1	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	553.17	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/l	360	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO ₃)	mg/l	2.1	método colométrico
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	0.00	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	467.67	Titulación con EDTA

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	200
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	40

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

- NOTA. - La muestra se recibió en el laboratorio.




Benito Fernández Salazar
RUC: 20612800741
GERENTE

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pégola - Puno
Cel. 973296546 – 993449078 – 983003185

Figura 15: Resultados de laboratorio M2

Anexo 08: Resultados de laboratorio M3



MQA LABS
MEGALABORATORIOS QUÍMICOS
DE LOS ANDES S.A.C

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

INFORME DE ENSAYO 0062/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA RIO TITIRE.

PROCEDENCIA : RIO TITIRE
INTERESADO : NIELSEN BRUSS TOVAR MAMANI.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 08/05/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 09/05/2025.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Turbio.
Color : Claro Gris.

CARACTERÍSTICAS FISICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	M3	METODOLOGÍA
COORDENADAS		Distancia: 250m UTM: 19S 3798209	
pH		4.49	Electrométrico
C.E	mS/cm	2.94	Conduclímetro
Temperatura (°C)	°C	14.2	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	1.47	Evaporación y pesaje

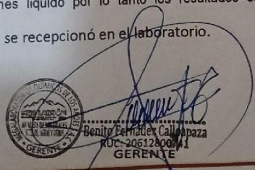
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	1881	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	8539.30	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	496.44	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	360	Espectrofotometria (Método de baño)
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	2.2	método colorimétrico
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/l	0.00	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/l	453.91	Titulación con EDTA

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	180
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	35

INTERPRETACION:
El agua analizada es en iones liquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.
- NOTA. - La muestra se recepción en el laboratorio.




RUC: 20612800741
GERENTE

Jr. Esmeralda N°193 URB. Villa Florida – a una cuadra del local Pégola - Puno
Cel. 973296546 – 993449078 – 983003185

Figura 16: Resultados de laboratorio M3

Anexo 09: Resultados de laboratorio M4



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C

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

INFORME DE ENSAYO 0063/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA RIO TITIRE.

PROCEDENCIA : RIO TITIRE.
INTERESADO : NIELSEN BRUSS TOVAR MAMANI.
MOTIVO : ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 08/05/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 09/05/2025.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Turbio.
Color : Claro Gris.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	M4	METODOLOGÍA
COORDENADAS		Distancia: 250m UTM: 19S 3798209	
pH		4.48	Electrométrico
C.E	mS/cm	3.20	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	14.2	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	1.6	Evaporación y pesaje

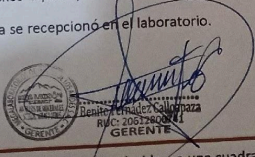
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	1805	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	7984.80	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	439.70	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/l	360	Espectrofotometría (Método de baño).
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	2.3	método colorimétrico
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	0.00	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	435.57	Titulación con EDTA

RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	160
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	30

INTERPRETACION:
El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.
- NOTA. - La muestra se recibió en el laboratorio.



GERENTE

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pégola - Puno
Cel. 973296346 – 993449078 – 983003185

Figura 16: Resultados de laboratorio M4