

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CALIDAD DE AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO DEL
DISTRITO DE TIQUILLACA, PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

BERLY EDUARDO PONCE VILCA

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/)



9.75%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 18 DEC 2025, 5:28 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
0.9%

● CHANGED TEXT
8.84%

Report #30745223

BERLY EDUARDO PONCE VILCA CALIDAD DE AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE TIQUILLACA, PUNO - 2025 RESUMEN La investigación titulada “Calidad de Agua de Manantial para Consumo Humano del Distrito de Tiquillaca, Puno” tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en el distrito de Tiquillaca, aplicando un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo no experimental mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en tres puntos de muestreo: Manantial Umalso, Reservorio y Vivienda. Los resultados de laboratorio evidenciaron que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites permisibles (pH 7.31, conductividad eléctrica 127.66 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos totales disueltos 73.36 mg/L, dureza total 39.40 mg/L, temperatura 16.20 °C, turbiedad 0.78 NTU, cloruros 15.51 mg/L, sulfatos 13.28 mg/L, DQO < 5 mg/L y nitritos 0.0035 mg/L); no obstante, se identificaron valores que exceden los estándares normativos para consumo humano. Si bien la DBO5 fue menor a 5 mg/L y los coliformes totales alcanzaron 6 NMP/100 ml, la detección de *Escherichia coli* (<1 NMP/100 ml) constituye un hallazgo crítico, pues determina la no potabilidad del recurso hídrico, dado que el Decreto Supremo 004-2017-MINAM establece un valor de cero para este patógeno. En consecuencia, se concluye que el agua de manantial del distrito de Tiquillaca no es apta para el consumo directo de acuerdo a los

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

**CALIDAD DE AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO DEL
DISTRITO DE TIQUILLACA, PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

BERLY EDUARDO PONCE VILCA

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:


PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


Dra. CELIA VERENISSE ORTIZ DE ORUE ROJAS

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 23 de diciembre del 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, y en especial a mi madre, por ser el pilar de mi formación. Agradezco su paciencia, su apoyo constante a lo largo de mis estudios y su cariño incondicional. Con mucho cariño te dedico este logro.

A mis abuelos, Lorenzo y Rogelia, y de forma personal a mi abuela. Gracias a los valores que me transmitió y que moldearon mi carácter, me he convertido en el profesional que soy. Con todo cariño, gracias mami.

A mi querido hermano, reconozco que gran parte de mi impulso provino de mi deseo de ser un modelo a seguir para ti. Gracias por ser mi motor silencioso.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Su plana docente ha sido fundamental en mi desarrollo y formación profesional a lo largo de cinco años.

A mi asesor de tesis, Ing. MG. Julio Wilfredo Cano Ojeda por su invaluable apoyo y orientación durante el proceso de esta investigación. Su respaldo incondicional ha sido fundamental; sin su guía, no habría logrado culminar esta etapa.

A mis distinguidos jurados:

Dra. Marlene Cusi Montesinos

Dra. Celia Verenisse Ortiz de Orue Rojas

Mtra. Nataly Silvia Garcia Vilca

Por sus valiosos aportes y minuciosas observaciones durante la revisión de este trabajo de 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	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	15
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	17
1.2.3. A NIVEL REGIONAL	20
1.3. OBJETIVOS	23
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	24
2.1.1. AGUA	24

2.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA	24
2.1.3. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	25
2.1.4. PARÁMETROS FÍSICOS	25
2.1.5. PARÁMETROS QUÍMICOS	26
2.1.6. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	29
2.1.7. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)	29
2.1.8. CONTAMINANTES DEL AGUA	30
2.1.9. CONTAMINANTES FÍSICOS	30
2.1.10. CONTAMINANTES QUÍMICOS	30
2.1.11. CONTAMINANTES BIOLÓGICOS	30
2.2. MARCO CONCEPTUAL	31
2.3. MARCO NORMATIVO	32
2.4. HIPÓTESIS	32
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	32
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	32
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	33
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	33
3.2.1. POBLACIÓN	33
3.2.2. TAMAÑO DE MUESTRA	34
3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS	35
3.3.1. MÉTODO	35
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	37
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO	39

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE ACUERDO AL

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	40
4.1.1. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH)	40
4.1.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	41
4.1.3. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	42
4.1.4. DUREZA TOTAL	43
4.1.5. TEMPERATURA	44
4.1.6. TURBIEDAD	45
4.1.7. CLORUROS	46
4.1.8. COLOR	47
4.1.9. SULFATOS	48
4.1.10. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	49
4.1.11. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	50
4.1.12. NITRITOS	51
4.2. COMPARATIVA DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)	52
4.3. ANÁLISIS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE ACUERDO AL OBJETIVO ESPECÍFICO 2	53
4.3.1. COLIFORMES TOTALES	54
4.3.2. ESCHERICHIA COLI	55
4.4. COMPARATIVA DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)	56
4.5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	57
4.6. CONTRASTE DE HIPÓTESIS	59
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Descripción de los puntos de recolección de muestras	35
Tabla 02: Matriz de operacionalización de variables	38
Tabla 03: Resultados de laboratorio del pH	40
Tabla 04: Resultados de laboratorio de Conductividad Eléctrica	41
Tabla 05: Resultados de laboratorio de Sólidos Totales Disueltos	42
Tabla 06: Resultados de laboratorio de Dureza Total	43
Tabla 07: Resultados de laboratorio de Temperatura	44
Tabla 08: Resultados de laboratorio de Turbiedad	45
Tabla 09: Resultados de laboratorio de Cloruros	46
Tabla 10: Resultados de laboratorio de Color	47
Tabla 11: Resultados de laboratorio de Sulfatos	48
Tabla 12: Resultados de laboratorio de Demanda Química de Oxígeno (DQO)	49
Tabla 13: Resultados de laboratorio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	50
Tabla 14: Resultados de laboratorio de Nitritos	51
Tabla 15: Aplicación de las disposiciones presentes en el D. S. 004-2017-MINAM	52
Tabla 16: Resultados de laboratorio de Coliformes Totales	54
Tabla 17: Resultados de laboratorio de Escherichia Coli	55
Tabla 18: Aplicación de las disposiciones presentes en el D. S. 004-2017-MINAM	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Localización geográfica del distrito de Tiquillaca	34
Figura 02: Localización de los puntos de muestreo	35
Figura 03: Comparación del pH en los 03 puntos de muestreo	42
Figura 04: Comparación de la Conductividad Eléctrica en los 03 puntos de muestreo	43
Figura 05: Comparación de Sólidos Totales en los 03 puntos de muestreo	44
Figura 06: Comparación de Dureza Total en los 03 puntos de muestreo	45
Figura 07: Comparación de Temperatura en los 03 puntos de muestreo	46
Figura 08: Comparación de Turbiedad en los 03 puntos de muestreo	47
Figura 09: Comparación de Cloruros en los 03 puntos de muestreo	48
Figura 10: Comparación de Color en los 03 puntos de muestreo	49
Figura 11: Comparación de Sulfatos en los 03 puntos de muestreo	50
Figura 12: Comparación de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en los 03 puntos de muestreo	51
Figura 13: Comparación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en los 03 puntos de muestreo	52
Figura 14: Comparación de Nitritos en los 03 puntos de muestreo	53
Figura 15: Comparación de Coliformes Totales en los 03 puntos de muestreo	56
Figura 16: Comparación de Coliformes Totales en los 03 puntos de muestreo	57

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de Consistencia: CALIDAD DE AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE TIQUILLACA, PUNO - 2025	72
Anexo 02: Resultados de laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos en reservorio	73
Anexo 03: Resultados de laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos en manantial	74
Anexo 04: Resultados de laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos en vivienda	75
Anexo 05: Recopilación de datos en registro de campo en el reservorio	76
Anexo 06: Recopilación de datos en registro de campo en el manantial	77
Anexo 07: Recopilación de datos en registro de campo en una vivienda	78
Anexo 08: Registro de campo de ubicación de puntos de monitoreo	79
Anexo 09: Estándar de Calidad Ambiental, Categoría 1	80
Anexo 10: Toma de muestra y almacenamiento en una vivienda	81
Anexo 11: Uso del GPS para determinar las coordenadas UTM	81
Anexo 12: Toma de muestra y almacenamiento en el reservorio	82
Anexo 13: Uso del GPS para determinar las coordenadas UTM	82
Anexo 14: Toma de muestra y almacenamiento en el manantial	83
Anexo 15: Uso del GPS para determinar las coordenadas UTM	83
Anexo 16: Desarrollo de ficha de registro de datos	84
Anexo 17: Muestras tomadas y etiquetadas	84
Anexo 18: Traslado de muestras dentro de un cooler	85

RESUMEN

La investigación titulada “*Calidad de Agua de Manantial para Consumo Humano del Distrito de Tiquillaca, Puno*” tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en el distrito de Tiquillaca, aplicando un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo no experimental mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en tres puntos de muestreo: Manantial Umalso, Reservorio y Vivienda. Los resultados de laboratorio evidenciaron que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites permisibles (pH 7.31, conductividad eléctrica 127.66 $\mu\text{S/cm}$, sólidos totales disueltos 73.36 mg/L, dureza total 39.40 mg/L, temperatura 16.20 °C, turbiedad 0.78 NTU, cloruros 15.51 mg/L, sulfatos 13.28 mg/L, DQO < 5 mg/L y nitritos 0.0035 mg/L); no obstante, se identificaron valores que exceden los estándares normativos para consumo humano. Si bien la DBO5 fue menor a 5 mg/L y los coliformes totales alcanzaron 6 NMP/100 ml, la detección de *Escherichia coli* (<1 NMP/100 ml) constituye un hallazgo crítico, pues determina la no potabilidad del recurso hídrico, dado que el Decreto Supremo 004-2017-MINAM establece un valor de cero para este patógeno. En consecuencia, se concluye que el agua de manantial del distrito de Tiquillaca no es apta para el consumo directo de acuerdo a los estándares de calidad ambiental ECA categoría 1.

Palabras clave: Agua, Calidad, *Escherichia coli*, Manantial, Potabilidad.

ABSTRACT

The research entitled “*Spring Water Quality for Human Consumption in the District of Tiquillaca, Puno*” aimed to evaluate the quality of spring water intended for human consumption in the district of Tiquillaca, applying a quantitative, descriptive, non-experimental approach through the analysis of physicochemical and microbiological parameters at three sampling points: Umalso Spring, Reservoir, and Household. Laboratory results showed that most physicochemical parameters were within permissible limits (pH 7.31, electrical conductivity 127.66 $\mu\text{S}/\text{cm}$, total dissolved solids 73.36 mg/L, total hardness 39.40 mg/L, temperature 16.20 $^{\circ}\text{C}$, turbidity 0.78 NTU, chlorides 15.51 mg/L, sulfates 13.28 mg/L, COD < 5 mg/L, and nitrites 0.0035 mg/L); however, values exceeding regulatory standards for human consumption were identified. Although BOD5 was below 5 mg/L and total coliforms reached 6 MPN/100 ml, the detection of *Escherichia coli* (<1 MPN/100 ml) was a critical finding, as it determines the non-potability of the water resource, given that Supreme Decree 004-2017-MINAM requires a value of zero for this pathogen. Consequently, it is concluded that the spring water of the district of Tiquillaca is not suitable for direct consumption according to Environmental Quality Standards (ECA) Category 1.

Keywords: Water, quality, *Escherichia coli*, Spring, Potability.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad y el acceso al agua en su estado más puro son esenciales para la vida diaria de los seres humanos, y pilares fundamentales del desarrollo sostenible, reconocidos universalmente como un derecho fundamental. A pesar de los constantes y diversos esfuerzos globales para asegurar la calidad del agua y su ingesta segura, numerosas comunidades rurales en el Perú, como las del Altiplano puneño, aún dependen del uso de fuentes naturales no gestionadas, tales como manantiales. Estas fuentes, al no ser monitoreadas ni tratadas adecuadamente, exponen a la población a riesgos sanitarios significativos. La ingesta de agua contaminada resultante puede poner en riesgo inminente la salud humana, provocando enfermedades, y afectar negativamente al medio ambiente circundante y la biodiversidad local (Roque, 2024).

La presente investigación se centra en la evaluación de calidad del agua proveniente del manantial que abastece al distrito de Tiquillaca, Puno. La motivación primordial de este estudio surge de la necesidad imperativa de determinar la aptitud del agua para el consumo humano. Para lograr este objetivo, se compararon rigurosamente los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en las muestras con los estándares establecidos por la normativa nacional vigente, específicamente el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Estándares de Calidad Ambiental - ECA para Agua), con el fin de salvaguardar la salud pública de la comunidad y proponer acciones de mejora en su gestión hídrica.

El trabajo de investigación presenta el siguiente contenido:

Capítulo I: Planteamiento del problema, antecedentes y objetivos

Se presenta la problemática sobre la calidad del agua de manantial en Tiquillaca, sustentada con antecedentes internacionales, nacionales y regionales, y se definen los objetivos de la investigación.

Capítulo II: Marco teórico, conceptual e hipótesis

Se expone el marco teórico y conceptual relacionado con parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, junto con la hipótesis que orienta el estudio.

Capítulo III: Metodología de la investigación

Se describe el enfoque cuantitativo y diseño descriptivo no experimental, los puntos de muestreo seleccionados y los procedimientos de análisis de laboratorio aplicados.

Capítulo VI: Exposición y análisis de resultados

Se presentan los resultados obtenidos, comparados con los estándares normativos, destacando la presencia de *Escherichia coli* como factor crítico que determina la no potabilidad del agua.

Conclusiones y recomendaciones

Se concluye que el agua de manantial de Tiquillaca no es apta para consumo directo y se plantean recomendaciones para mejorar su calidad y proteger la salud de la población.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el ámbito global, la contaminación constante de las diversas fuentes de agua ha modificado progresivamente sus propiedades y afectado su calidad. Entre estas fuentes se encuentran las aguas freáticas, las cuales constituyen un medio fundamental de abastecimiento en las distintas regiones del planeta. Este tipo de aguas se utiliza en múltiples actividades antrópicas, siendo una de las principales el abastecimiento de agua para uso personal, ya que se considera un recurso indispensable e inagotable. Las aguas subterráneas se incrementan de manera continua gracias a la infiltración de aguas pluviales, ríos y lagos a través del suelo y el subsuelo. Sin embargo, existen múltiples causas de contaminación que afectan su pureza. Es importante considerar que aproximadamente el 70% de la corteza superficial del planeta está principalmente ocupada por agua, pero la inmensa mayoría corresponde a agua salada. Millones de seres humanos carecen de un punto de agua segura, apenas el 0.76% del volumen hídrico global subterráneo es apta para la ingesta humana y el 0.0082% está contenida en ríos y lagos (León, 2022).

En el continente americano, la calidad del agua ha mostrado un deterioro progresivo que afecta tanto a la salud humana como a los ecosistemas. En la actualidad, han surgido nuevas amenazas emergentes que incrementan la contaminación de las aguas subterráneas, pues gran parte de los contaminantes provienen de fuentes dispersas, lo que dificulta su control y monitoreo. Estos contaminantes se desplazan a diferentes

velocidades a través del subsuelo, lo que complica aún más su detección. Por ello, la protección y el estudio de las distintas corrientes de agua resultan esenciales para preservar este recurso vital (Vammen & Vaux, 2019).

En el caso del Perú, este país es considerado el octavo con mayor disponibilidad de agua a nivel mundial; sin embargo, más del 50% de sus bienes hídricos presentan altos porcentajes de contaminación. Esto se debe a que muchas fuentes, como ríos y mares, son utilizadas como puntos de descarga final de aguas residuales. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) proyecta que para el año 2050 la población peruana alcanzará aproximadamente los 40 millones de habitantes, lo que implicará una mayor demanda de agua para consumo humano y, simultáneamente, un incremento significativo en la generación de contaminantes. Por esta razón, la protección del agua resulta indispensable para garantizar su calidad y asegurar la continuidad de las actividades que dependen de su disponibilidad (Bernex, 2019).

Actualmente, en el distrito de Tiquillaca, la principal fuente de acceso al agua es el manantial Humalso, cuyas aguas se almacenan en un único reservorio. El distrito cuenta con conexiones domiciliarias de agua, pero las infraestructuras fueron ejecutadas hace varios años y no han recibido mantenimiento, por lo que el reservorio se encuentra en mal estado. El propósito principal de esta investigación será obtener datos precisos sobre la calidad del agua del manantial del distrito de Tiquillaca a través del análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con el fin de determinar si estas aguas son aptas para el consumo humano. Dado que hasta el momento no se dispone de información actualizada, resulta necesario generar evidencia que permita tomar decisiones adecuadas frente a posibles problemáticas futuras, verificando además el cumplimiento de los estándares de calidad del agua establecidos en la normativa vigente.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la calidad de agua del manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos de agua del manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca?
- ¿Qué componentes microbiológicos contiene el agua de manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Andueza (2020), determinó la calidad microbiológica del agua de los manantiales minero-medicinales del balneario “Santagua de Chachimbiro” (Imbabura, Ecuador), con el objetivo de evaluar la actividad microbiana presente en estas aguas utilizadas con fines terapéuticos. Para ello, se realizaron muestreos en tres puntos distintos, de acuerdo con los parámetros microbiológicos establecidos para el análisis. Los resultados, obtenidos mediante la metodología de conteo en cajas de Petri, mostraron valores promedio de $2,06 \times 10^3$ UFC/mL para bacterias heterótrofas, $2,42 \times 10^1$ UFC/mL para coliformes totales y $3,40 \times 10^2$ UFC/mL para Pseudomonas. Asimismo, no se detectó la presencia de Escherichia coli. En conclusión, las aguas de estos manantiales presentan una alta actividad microbiológica, lo que las inhabilita para la ingesta humana.

Avilés (2023), realizó el análisis de la calidad del agua en los manantiales volcánicos utilizados para el abastecimiento hídrico relacionado directamente a la ingesta humana en las comunidades de Panimache I y Panimache II (Acatenango, Guatemala). Los resultados obtenidos mostraron valores promedio de los parámetros monitoreados de 0.010 mg/L en cloruros, 0.010 mg/L en fluoruros, 169.800 mg/L en sulfatos, 0.010 mg/L en hierro, 0.110 mg/L en boro, 0.010 mg/L en arsénico y 0.110 mg/L en manganeso, concentraciones asociadas principalmente a la contaminación de origen geogénico. De acuerdo con los Límites Máximos Permisibles establecidos para agua de consumo humano en Guatemala, seis de los parámetros analizados no superaron los niveles establecidos, con excepción del manganeso, que superó dicho límite en una de las dieciocho muestras evaluadas. En conclusión, las aguas de estos manantiales se

consideran aptas para el consumo humano. No obstante, se recomienda mantener un monitoreo continuo en diferentes épocas del año, con el fin de garantizar su calidad y detectar posibles variaciones en su composición.

Wong (2021), analizó la calidad del agua de once manantiales del humedal natural “Ciénega Tamasopo” (San Luis Potosí, México), con el objetivo de evaluar diversos parámetros fisicoquímicos y biológicos mediante una investigación de tipo descriptiva. Los resultados obtenidos mostraron que la temperatura varió entre 22 y 25 °C; el pH, entre 7,2 y 8,1; la conductividad eléctrica, entre 1,68 y 13,80 $\mu\text{S}/\text{cm}$; los sólidos totales disueltos, entre 38,4 y 852,5 mg/L; y la turbidez, entre 0 y 0,96 UNT. En cuanto a los parámetros biológicos, se registraron coliformes totales en un rango de 2 a 28 UFC/mL, mientras que no se hallaron coliformes fecales en ninguno de los manantiales analizados. Además, se evaluaron otros parámetros relevantes para la determinación integral de la calidad del agua. Al comparar los resultados obtenidos con la normativa vigente para agua destinada al consumo humano, se observó que algunos parámetros superaron los límites máximos permisibles. En consecuencia se propone poner en marcha un plan de monitoreo a lo largo de las estaciones, garantizando así su seguridad y sostenibilidad de estos recursos hídricos.

Duarte (2022), evaluó la calidad del agua del manantial “El Paraíso”, ubicado en Santiago de Cuba, mediante estudios y diagnósticos orientados a determinar su idoneidad para distintos usos, como el riego y el consumo humano. El análisis incluyó la evaluación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, así como el cálculo de índices integradores de calidad del agua. Los resultados evidenciaron contaminación en el manantial, principalmente debido a que varios parámetros superaron los límites permisibles establecidos por las normas NC 1021:2014 y NC 827:2017. Entre ellos se destacan: hidrogenocarbonato (418,96 mg/L), potasio (1,31 mg/L), nitrato (46,3 mg/L), coliformes totales (42 mL) y coliformes termotolerantes (17,5 mL). En conclusión, el manantial “El Paraíso” no cumple con los estándares de calidad requeridos para el

consumo humano, aunque su agua podría considerarse apta para el riego y otros usos menos exigentes.

Mamani (2022), evaluó la calidad del agua destinada al consumo humano en las comunidades de Carmen Pampa y Chovacollo (Coroico, Bolivia), con el objetivo de identificar posibles variaciones en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Para ello, se realizó un muestreo simple e integrado en tres puntos de cada comunidad. Los resultados obtenidos fueron: pH entre 6.79 y 7.56, conductividad eléctrica de 27.4 a 28.26 $\mu\text{S}/\text{cm}$, oxígeno disuelto entre 98.6 y 104.2 %, y turbidez de 0.15 a 1.80 NTU. Asimismo, se detectó la presencia de *Escherichia coli* en una de las tres muestras, con valores promedio de 14 a 28 UFC. En conclusión, los parámetros fisicoquímicos analizados cumplen con la normativa vigente al encontrarse por debajo de los límites permitidos. Sin embargo, la detección puntual de bacterias en uno de los puntos de muestreo evidencia la necesidad de aplicar procesos de desinfección o tratamientos adecuados para garantizar la seguridad del agua destinada al consumo humano en estas comunidades.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Bellido (2021), verificó la factibilidad del uso de aguas subterráneas para el consumo humano en el sector de Remanso (Characato, Arequipa), partiendo de la premisa de que la población de esta zona utiliza dichas aguas para el consumo doméstico, la agricultura y la ganadería. Los pozos evaluados fueron Pozo BB, Ojo del Milagro, Virgen de Lourdes y Bautista, en los cuales se realizó el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados indicaron que algunos parámetros superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, entre ellos la dureza (603 mg/L), los sulfatos (362 mg/L) y los sólidos totales disueltos (1163 mg/L). Asimismo, se detectaron concentraciones elevadas de arsénico (0.0174 a 0.04 mg/L) y boro (2.96 mg/L), ambos por encima de los valores permitidos. En conclusión, se determinó que el agua proveniente de estos pozos no es apta para el consumo humano, ya que sus niveles de contaminación podrían representar un riesgo significativo para la salud, especialmente en niños que habitan en las zonas aledañas.

Muro (2025), realizó el análisis de la calidad del agua de las captaciones Winchintayani 01, 02, 03 y Chalsahuaya, ubicadas en la localidad de Carumas (provincia Mariscal Nieto, región Moquegua). Se evaluaron cuatro muestras de agua, determinando los valores de distintos parámetros fisicoquímicos e inorgánicos. Los resultados mostraron concentraciones de cloruros entre 0.214 y 0.374 mg/L, conductividad eléctrica entre 53.6 y 77.9 $\mu\text{S/cm}$, dureza entre 10.1 y 18.1 mg/L, pH entre 7.24 y 7.64, y sólidos totales disueltos entre 35 y 51.5 mg/L, todos ellos dentro de los límites aceptables establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua. Sin embargo, los parámetros microbiológicos evidenciaron la presencia de *Escherichia coli* en concentraciones de 1.8 a 2 NMP/100 mL y formas de vida libre en un rango de 1 a 2 s/L, valores que superan los límites permitidos por la normativa vigente. En conclusión, se determinó que las aguas de estas captaciones no son aptas para el consumo humano directo. No obstante, se recomienda la aplicación de un tratamiento adecuado que permita su potabilización y posterior aprovechamiento seguro.

Baca & Valdez (2023), evaluaron la calidad microbiológica del agua de manantial para consumo humano mediante el análisis de 24 muestras de agua provenientes de 04 manantiales ubicados en el distrito de Vique (Huancayo, Junín). El estudio se desarrolló aplicando la técnica observacional y diversas técnicas microbiológicas, realizándose el recuento de bacterias heterotróficas, *Escherichia coli*, coliformes totales y coliformes fecales. La evidencia encontrada mostraron valores promedio de bacterias heterotróficas de 852.5, 973.7, 0 y 741.4 UFC/mL; *Escherichia coli* de 13.2, 12.5, 0 y 11.8 UFC/mL; coliformes totales de 1100, 1100, 0 y 1100 NMP/100 mL; y coliformes fecales de 1100, 1100, 0 y 0 NMP/100 mL, respectivamente. Estos resultados evidenciaron que los parámetros microbiológicos analizados superan los límites permisibles establecidos por la normativa vigente, con excepción de un manantial que cumplió con los estándares de calidad. En conclusión, se determinó que tres de los cuatro manantiales evaluados no son aptos para el consumo humano, debido a la existencia de contaminación microbiológica por encima de los valores permitidos.

Challco (2023), determinó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua dirigida al consumo humano en el manantial Marapampa, ubicado en el distrito de Ocobamba (Cusco), mediante una metodología no experimental con enfoque cuantitativo. Se analizaron diversos parámetros fisicoquímicos, entre ellos: conductividad eléctrica (49, 48, 60 y 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$), cloruros (2.5, 2.5, 2.5 y 2.5 mg/L), sulfatos (8, 8, 10 y 15 mg/L), dureza (23, 23, 30 y 28 mg/L), pH (6.7, 6.5, 6.6 y 6.7) y turbidez (0.2, 0.3, 0.3 y 0.3 NTU). Asimismo, se evaluaron los parámetros microbiológicos: coliformes totales (0, 23, 23 y 23 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (0, 21, 21 y 21 NMP/100 mL). Los resultados obtenidos reflejaron que todos los indicadores medidos se encuentran conforme a los valores permitidos según los estándares vigentes, en los cuatro puntos de muestreo evaluados. En conclusión, el agua del manantial Marapampa presenta condiciones fisicoquímicas y microbiológicas óptimas, lo que la hace apta para el consumo humano.

Cordova (2021), evaluó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de los manantiales ubicados en el distrito de Utco (Celendín, Cajamarca), empleando un diseño analítico, descriptivo y comparativo. Para ello, se analizaron diversos parámetros fisicoquímicos, obteniéndose los siguientes valores: aluminio (0.0205 y 0.017 mg/L), boro (0.0215 y 0.0215 mg/L), bario (0.1108 y 0.0788 mg/L), manganeso (0.00275 y 0.00225 mg/L), cloruro (1.3673 y 0.8065 mg/L), nitrato (5.0383 y 6.735 mg/L), sulfato (10.6905 y 12.15 mg/L), turbidez (2.955 y 0.6775 NTU), pH (7.95 y 7.4225), conductividad eléctrica (420.75 y 550.375 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos disueltos totales (261.525 y 343.825 mg/L) y dureza total (209.725 y 255.925 mg/L). Estos resultados se encontraron por debajo de los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Asimismo, se evaluaron los parámetros microbiológicos, obteniéndose valores de coliformes totales (68.25 y 231.35 NMP/100 mL), coliformes termotolerantes (28.975 y 5.1 NMP/100 mL) y *Escherichia coli* (16.65 y 5.1 NMP/100 mL), los cuales superaron los límites permisibles establecidos en los ECAs. En conclusión, se determinó que, si bien los parámetros fisicoquímicos cumplen con la normativa vigente, los parámetros

microbiológicos exceden los valores establecidos, por lo que las aguas de estos manantiales no son aptas para el consumo humano en la población del distrito de Utco.

1.2.3. A NIVEL REGIONAL

Condori (2025), evaluó la calidad del agua de los manantiales ubicados en la comunidad Huerta Parque, de la localidad de Caspa (Juli, Puno), mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en tres manantiales, a fin de asegurar su cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: pH (7.41, 7.63, 7.52), temperatura (10.87, 9.60, 9.15 °C), conductividad eléctrica (655, 916, 623 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (327, 458, 312 mg/L), oxígeno disuelto (5.72, 5.55, 5.89 mg/L) y *Escherichia coli* (0, 0, 0.5 NMP/100 mL). La interpretación de estos datos indicó que, en términos fisicoquímicos, los tres manantiales cumplen con la mayoría de los parámetros analizados, a excepción del oxígeno disuelto. Por otro lado, los parámetros microbiológicos cumplieron con los límites de calidad en solo dos de los tres manantiales evaluados. En conclusión, se determinó que estos manantiales no son aptos para su uso directo como agua potable. Se recomienda implementar medidas de protección y mitigación para preservar estos cuerpos de agua y garantizar su seguridad para la población.

Paxi (2025), realizó la evaluación de la calidad del agua de los manantiales Tacuyo y Qaqallaka, ubicados en la localidad de Culta (Acora, Puno), mediante la toma de muestras en puntos estratégicos, con el objetivo de obtener información sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los parámetros evaluados incluyeron pH (7.72, 7.10), conductividad eléctrica (171.3, 1030 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (122.7, 566.3 mg/L), dureza total (4.17, 28.92 mg/L), sodio (9.31, 44.05 mg/L), cloruros (73.5, 205.05 mg/L), nitratos (18.30, 26.60 mg/L) y la existencia de *Escherichia coli*, la cual no fue detectada en ninguno de los manantiales. Los resultados indicaron que únicamente el manantial Tacuyo cumple con los límites máximos permisibles establecidos para consumo humano, mientras que el manantial Qaqallaka presenta parámetros por encima de dichos límites. En consecuencia, se recomienda implementar medidas específicas

para su tratamiento y potabilización, con el fin de garantizar la seguridad del agua para la población.

Alcca (2023), determinó la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los manantiales ubicados en las comunidades de Quipata-Totorpujo y Jjaquejhuata (Platería, Puno). Los resultados obtenidos mostraron que algunos parámetros no cumplen con los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua destinada al consumo humano, incluyendo oxígeno disuelto (1.90, 4.47, 1.20 mg/L), coliformes totales (1300, 1300, 1300 NMP/100 mL) y *Escherichia coli* (1.8, 2, 2 NMP/100 mL) en los cuatro puntos de muestreo. En consecuencia, se concluye que los manantiales evaluados no cumplen con los parámetros requeridos y no son aptos para el consumo humano. Se recomienda implementar tratamientos adecuados para garantizar la potabilización de estas aguas y salvaguardar la salud de la población que consumen de dichas fuentes.

Gonzales (2023), analizó la calidad fisicoquímica del agua del manantial Huaila Pujo, ubicado en la comunidad de Chila (Tiquillaca, Puno), con el objetivo de comprobar su idoneidad para el consumo humano. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos, incluyendo turbiedad (5, 14.74 NTU), conductividad eléctrica (3.80, 231 μ S/cm), alcalinidad (254.40, 71.10 mg/L), dureza (133.04, 340.68 mg/L), pH (6.58, 6.59), temperatura (12.9, 15.00 °C), cloruros (77.98, 21.99 mg/L), sulfatos (3.20, 58.40 mg/L), nitratos (26.83, 25.89 mg/L), calcio (37.49, 107.74 mg/L), magnesio (9.56, 69.20 mg/L) y sólidos totales (1.90, 267.00 mg/L). Los resultados indicaron que todos los parámetros son aceptables de acuerdo a los límites máximos permisibles establecidos para aguas de manantiales según el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM-LMP. Por lo tanto, se infiere que el manantial Huaila Pujo es apto para el consumo humano, sin requerir medidas de mitigación o tratamientos adicionales.

Larijo (2025), evaluó la calidad del agua de un manantial destinado al consumo humano en la comunidad de Alintuyo, distrito de Ilave. Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron pH (7.32, 7.33, 7.41), turbidez (0.14, 0.15, 0.15) UNT, conductividad eléctrica (550,

560, 560) $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos totales disueltos (270, 280, 280) mg/L , cloruros (31.20, 31.40, 32.40) mg/L , sulfatos (204, 206, 205) mg/L , dureza total (212.8, 214.9, 215.1) mg/L , arsénico (0.003, 0.004, 0.004) mg/L , cadmio (0.001, 0.001, 0.001) mg/L , cromo total (0.003, 0.004, 0.004) mg/L , mercurio (0.001, 0.001, 0.002) mg/L , nitratos (0.07, 0.08, 0.07) mg/L , nitritos (0.07, 0.08, 0.07) mg/L y plomo (0.002, 0.003, 0.002) mg/L . Los resultados obtenidos muestran que todos estos parámetros se ajustan con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente, encontrándose dentro del rango de valores recomendados para agua de consumo humano. Sin embargo, los parámetros microbiológicos presentaron resultados elevados: coliformes totales (131, 156, 157) NMP/100 mL y *Escherichia coli* (44, 52, 54) NMP/100 mL, valores que exceden los límites máximos permisibles definidos para agua potable. En conclusión, aunque el agua del manantial de Alintuyo cumple con los estándares fisicoquímicos, no es apta para el consumo humano debido a la presencia significativa de contaminación microbiológica, lo que constituye un riesgo para la salud de los usuarios.

Contreras (2025) analizó la calidad del agua destinada al consumo humano en los manantiales de la comunidad de Jiscullaya, ubicada en el distrito de llave (Puno, Perú). El objetivo de la investigación fue evaluar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con los indicadores establecidos para el consumo humano. Los resultados promedio obtenidos fueron: pH 7.41, dureza total 52.01 mg/L , alcalinidad 57.77 mg/L , cloruros 15.31 mg/L , sulfatos 4.00 mg/L , nitratos 0.00 mg/L , calcio 16.20 mg/L , sólidos totales 67.11 mg/L , coliformes totales 29 NMP/100 mL y *Escherichia coli* 0.00 NMP/100 mL. En conclusión, los parámetros fisicoquímicos cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente; sin embargo, en el aspecto microbiológico, el valor de coliformes totales excede lo permitido por la norma. Por ello, se determina que las aguas de estos manantiales no son aptas para el consumo de la población.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad de agua del manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca.
- Determinar la concentración de parámetros microbiológicos del agua de manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. AGUA

La importancia del agua como recurso natural es crucial y uno de los más esenciales del planeta. Es un elemento necesario para diversos usos, siendo el más crucial el sustento de la vida misma. Aproximadamente el 96,5% del agua total es salada, dejando solo un 3,5% como agua dulce disponible en distintos lugares, principalmente en glaciares y acuíferos. Esta escasez de agua dulce subraya la importancia crítica de su cuidado y preservación como elemento indispensable para los seres humanos, los animales y los ecosistemas (Coello-Cabezas et al., 2023).

El agua potable en su concentración más pura es sumamente beneficiosa para la salud humana, ya que se consume a diario durante toda la vida. Sin embargo, el agua difícilmente se localiza en su estado más puro, ya que posee diversas propiedades y características que varían según su origen y ubicación. Por ello, es fundamental conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua, que dependen de los procesos naturales y artificiales por los que ha pasado (León, 2022).

2.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA

Las características físicas del agua son fundamentales, ya que influyen directamente en su aceptabilidad para los diversos usos que se le dan a nivel mundial. Estas propiedades a menudo se pueden apreciar fácilmente mediante los sentidos de la vista y el olfato. Entre los parámetros clave a considerar se encuentran los sólidos totales disueltos, el pH, la temperatura, el color, el olor y el sabor. Es crucial que estas características se

encuentren dentro de los valores permisibles establecidos para garantizar la salud humana (Aguilar, 2022).

Las características químicas son igualmente importantes, ya que permiten identificar los contaminantes y su concentración en las distintas fuentes de agua. Su análisis ayuda a detectar la presencia de sustancias nocivas, en muchos casos provenientes de actividades antrópicas que contaminan los cuerpos de agua con aguas residuales o aguas negras (Yanarico, 2025).

2.1.3. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

Los parámetros microbiológicos son de vital importancia, ya que ayudan a identificar los diferentes contaminantes presentes en el agua, los cuales pueden tener orígenes tanto antrópicos como naturales, debido a que los cuerpos de agua están en contacto directo o indirecto con la naturaleza y su entorno. La correcta identificación de estos parámetros y su posterior tratamiento contribuyen a prevenir posibles enfermedades en la salud de las personas, animales y los entornos naturales (Culqui & Chavez, 2023).

La presencia de microorganismos patógenos es un indicador clave de contaminación del agua, lo cual supone una amenaza muy alta para la salud. Por ello, es necesaria la evaluación de estos contaminantes. Entre los contaminantes microbiológicos más habituales y perjudiciales para la salud humana se encuentra la contaminación fecal, cuya presencia se detecta comúnmente mediante indicadores como la *Escherichia coli* y otras bacterias termotolerantes presentes en el agua (Durant, 2023).

2.1.4. PARÁMETROS FÍSICOS

- **COLOR**

El color del agua es un indicador que varía en cada parte del mundo, ya que su tonalidad puede verse influida por la existencia de materia orgánica, así como por el contacto con distintos contaminantes naturales o causados por la actividad antrópica. El color del agua es muy importante visualmente, ya que ayuda a determinar de manera preliminar si el agua es apta para su uso en las diferentes actividades (Chaca & Ñañez, 2022).

- **TURBIDEZ**

La turbidez es un parámetro que influye en la apariencia del agua, determinando su grado de transparencia. Esta falta de claridad se debe a la existencia de partículas suspendidas, tanto de materia orgánica como inorgánica, así como a la existencia de microorganismos o algas naturales (Benavides & Taboada, 2022).

Asimismo, la turbidez es un factor crucial en el procesamiento de distintas bebidas, ya que para su correcta elaboración se requiere un alto grado de transparencia del agua utilizada, siendo este un aspecto muy relevante en la fabricación de bienes destinados al abastecimiento humano (Chipana & Huayllani, 2021).

- **CONDUCTIVIDAD**

La conductividad eléctrica se define como una medida indirecta relacionado con el nivel de iones disueltos en una solución. Es importante destacar que una cantidad elevada de estos iones aumenta significativamente la conductividad. Este parámetro también guarda relación con otras variables clave como los sólidos disueltos totales y la salinidad del agua, por lo que puede tener un impacto considerable en diversas actividades, como la agricultura (Samanez, 2021).

- **SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS**

Los sólidos totales disueltos (STD) son un parámetro que indica la presencia de sustancias solubles e insolubles, así como el valor de los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en los cuerpos de agua. Cabe resaltar que muchos de estos compuestos son sumamente provechosos para los microorganismos, ya que favorecen su desarrollo y crecimiento a grandes magnitudes (García & Parejas, 2021).

2.1.5. PARÁMETROS QUÍMICOS

- **POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)**

El pH, también conocido como potencial de hidrógeno, tiene la finalidad de identificar si el agua residual es ácida o alcalina. Como datos referenciales, un pH inferior a 7 refleja acidez, un pH superior a 7 indica basicidad, y si tiene un valor de 7 se considera neutro. Es necesario reconocer estos valores ya que, para que el agua se pueda usar o reutilizar en distintas aplicaciones, es indispensable que este parámetro se encuentre en un rango

de 6.5 a 8.5. Si el valor del pH está por encima o por debajo de estos límites, su uso no sería recomendable para actividades agrícolas, el consumo animal y mucho menos para seres humanos (García & Parejas, 2021).

- **CLORUROS**

La concentración de cloruros se relaciona con la formación de iones de cloro en combinación con un determinado metal (como en el cloruro de sodio). Una forma de identificar su presencia en el agua es mediante el sabor salado, el cual puede detectarse a partir de una concentración aproximada de 250 ppm (mg/L). Una elevada cantidad de cloruros hace que el agua no sea apta para el consumo humano debido a criterios estéticos de sabor, aunque generalmente no constituye una amenaza para la salud por sí sola, a menos que esté asociada con otros contaminantes o altos niveles de sodio. El aumento de cloruros puede ser producto de la contaminación antrópica, como los vertidos industriales o de pozos petrolíferos, y de fuentes naturales, como el proceso de disolución de suelos y rocas salinas en contacto con el agua. También se debe considerar el uso de compuestos que reducen la dureza del agua, ya que estos pueden contribuir significativamente al incremento de los niveles de cloruros en la solución (Huaccha, 2021).

- **SULFATOS**

Los sulfatos son sales del ácido sulfúrico que pueden encontrarse naturalmente en el agua, generados mediante la oxidación de minerales sulfurosos. Se localizan al filtrarse desde las zonas superficiales hacia las subterráneas a través de formaciones rocosas. Su estructura molecular contiene un átomo central de azufre y cuatro átomos de oxígeno. Es muy importante resaltar que el exceso de sulfatos en el agua destinada a la ingesta puede producir deshidratación y diarreas (Figuroa, 2024).

- **NITRATOS**

Los nitratos son compuestos químicos que se pueden encontrar naturalmente en el suelo, el agua y las plantas. Son derivados del nitrógeno, constituidos por un átomo central de nitrógeno enlazado a tres átomos de oxígeno. Una alta concentración de nitratos puede

ser un factor contaminante en el agua potable, y su consumo prolongado por parte de los seres humanos puede causar cáncer (Chipana & Huayllani, 2021).

- **NITRITOS**

Los nitritos son compuestos químicos formados por un átomo de nitrógeno y dos de oxígeno, y pueden generarse en diversos entornos como el agua, el suelo y el aire. Una alta concentración de nitritos en el agua se considera un indicador de contaminación de este recurso. Esto se debe a que los nitritos son más tóxicos que los nitratos y pueden dar lugar a la formación de compuestos cancerígenos (Arteaga, 2021).

- **DUREZA TOTAL**

La dureza total equivale a la suma de iones de calcio y magnesio disueltos en el agua. El principal factor que determina la dureza del agua es geológico, ya que las fuentes principales se originan de forma natural en el suelo, principalmente por el arrastre de los diferentes componentes del terreno mediante la escorrentía. Cabe resaltar que la dureza del agua no es dañina para la salud humana. Las aguas que contienen más calcio y magnesio suelen provenir de cuencas de drenaje con rocas sedimentarias, como las calizas (Palomino, 2023).

- **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) permite evaluar la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos presentes en los cuerpos de agua para llevar a cabo el proceso de descomposición de la materia orgánica. Este valor es un indicador directo del grado de contaminación hídrica, ya que una mayor carga orgánica resulta en una disminución proporcional del oxígeno disuelto disponible. La medición de la (DBO5) se realiza en un laboratorio mediante una reacción química controlada y estandarizada (Huanacuni Flores, 2025).

- **DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro utilizado para cuantificar la concentración total de materia orgánica contaminante en una muestra de agua. Su medición permite valorar la carga contaminante global y suele arrojar valores mayores

que la (DBO5) puesto que incluye tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable. La (DQO) se expresa habitualmente en miligramos de oxígeno por litro (mg/L) y es una herramienta esencial en la gestión y el diseño de procesos de tratamiento de aguas residuales (Ticona, 2025).

2.1.6. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

- **COLIFORMES TOTALES**

Los coliformes totales son un grupo de microorganismos que suelen presentarse en el agua por distintos factores, como los vertidos industriales. La presencia de estas bacterias puede indicar la posibilidad de una contaminación fecal relacionada con heces humanas y animales. Dentro de este grupo se encuentra una amplia variedad de bacilos aeróbicos y anaeróbicos facultativos, con la capacidad de desarrollarse en proporciones relativamente altas. Asimismo, en este grupo se incluyen bacterias específicas como la *Escherichia coli* y los coliformes termotolerantes (Chaca & Ñañez, 2022).

- **Escherichia Coli**

Escherichia coli (*E. coli*) es un conjunto de bacterias que tienen su origen en los intestinos de humanos y animales. Si bien algunas cepas ayudan a la digestión, otras son patógenas y pueden propagarse mediante el agua y alimentos. La presencia de este contaminante se relaciona directamente con la existencia de heces fecales, causando gastroenteritis en seres humanos y animales (Ligarda, 2021).

2.1.7. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua son disposiciones clave que establecen los niveles máximos permitidos para diversos parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua. Su principal objetivo es asegurar que la calidad del agua sea adecuada para usos específicos como la ingesta humana, actividades recreativas, riego y otros fines. Estos estándares funcionan como un instrumento fundamental de gestión ambiental para proteger la salud pública y los ecosistemas (Instituto de Calidad Ambiental, 2023).

2.1.8. CONTAMINANTES DEL AGUA

Los contaminantes del agua se definen como cualquier sustancia física, química o biológica capaz de modificar las propiedades del agua. Esto puede llevar a la degeneración de su calidad, impidiendo su ingesta humana y otros usos. Estos contaminantes proceden tanto de fuentes naturales como de actividades antrópicas, como la agricultura, la minería y diversas industrias, lo que supone un peligro global para la salud pública y el medio ambiente (Huarachi, 2021).

2.1.9. CONTAMINANTES FÍSICOS

Los contaminantes físicos en el agua se refieren a la presencia de materia no deseada, generalmente en estado sólido, que es fácil de observar o que incrementa la turbidez del líquido. Estos elementos alteran las características organolépticas del agua en su estado puro, es decir, su claridad, olor, sabor y color. Ejemplos comunes incluyen sedimentos como tierra, polvo, arena, así como diversos tipos de restos de basura, plásticos, vidrios rotos y otros desechos sólidos de origen humano (Paccari, 2025).

2.1.10. CONTAMINANTES QUÍMICOS

Los contaminantes químicos son compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos, que alteran la composición y las propiedades químicas intrínsecas del agua. Las fuentes principales de estos elementos son las actividades antrópicas, que descargan una amplia gama de sustancias tóxicas en los ecosistemas acuáticos, tales como: metales pesados, compuestos sintéticos y nutrientes inorgánicos. La presencia de estos agentes hace que el agua no sea apta para el consumo humano, el riego agrícola o usos recreacionales, suponiendo un riesgo severo y perjudicial para la salud pública y el equilibrio del medio ambiente (Arpasi, 2024).

2.1.11. CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

Los contaminantes biológicos son organismos vivos patógenos que, al estar presentes en el agua, pueden causar daños graves a la salud humana si el líquido es ingerido. La presencia de estos microorganismos se debe, en su mayoría, a la contaminación por desechos fecales de humanos y animales, los cuales infectan diversas fuentes y cuerpos

de agua. Es fundamental resaltar que estos organismos no suelen modificar el olor ni el color del agua. Por consiguiente, su detección no es posible mediante la observación simple, sino que requiere análisis de laboratorio especializados para identificar bacterias como la *Escherichia coli* (*E. coli*), *Salmonella*, hongos, parásitos y otros agentes patógenos (Ttito, 2024).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

● CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua puede entenderse como la descripción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en función de su aptitud para una determinada actividad. Este concepto tiene un valor inmenso, ya que su uso está estrechamente relacionado con la salud y defensa del entorno ecológico. La calidad del agua se puede distinguir, medir y clasificar según su procedencia y uso previsto: para consumo humano, uso agrícola u otros fines. De esta manera, se confirma que es un elemento crucial para nuestra vida y la de todos los organismos vivos presentes en el medio ambiente (Romero, 2022).

● MANANTIAL

Los manantiales se pueden considerar una fuente natural donde el agua depositada en el subsuelo emerge hacia un punto o área específica a través de grietas en las rocas, debido a procesos de infiltración, formando así manantiales y humedales. Estos manantiales pueden clasificarse según cómo emergen hacia la superficie (Ccora, 2022).

El proceso de formación de los manantiales se enmarca dentro del ciclo hidrológico. Inicia cuando el agua superficial ingresa al subsuelo mediante la evaporación y precipitación, hasta formar parte de los acuíferos subterráneos. Estas aguas subterráneas o acuíferos pueden ser muy beneficiosos para los seres vivos, especialmente durante las épocas de sequía (Morales, 2022).

● AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO

El agua es un elemento esencial para la supervivencia de la vida. Durante siglos, el agua dulce ha sido de vital importancia para diversos usos, como el agua segura, saneamiento e inocuidad alimentaria. Para estos fines, es necesario que el agua cumpla con

características adecuadas para el consumo humano. Asimismo, es crucial entender que la explotación excesiva de los recursos hídricos afectará el balance natural del medio ambiente (Huaccha, 2021).

El agua destinada al consumo humano se refiere al recurso hídrico que puede consumirse sin restricciones, ya sea directamente como bebida o en la preparación de alimentos, dado que el agua juega un papel vital en la salud y la nutrición humana, siendo considerada la fuente principal de vida (Estraba & Vidal, 2021).

El abastecimiento de agua limpia para la ingesta humana se considera un derecho inalienable y un requisito imperativo para el correcto funcionamiento del cuerpo humano. También se estima un factor clave para el progreso en diferentes ámbitos sociales (Ortiz & Huaccho, 2021).

2.3. MARCO NORMATIVO

- El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua que fijan los niveles permitidos de diversos componentes físicos, químicos y biológicos presentes en las fuentes hídricas.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La calidad de agua de manantial para consumo humano no es apta para los usuarios del distrito de Tiquillaca 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- No todos los parámetros fisicoquímicos del agua de manantial cumplen con los ECA para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca.
- El agua del manantial contiene patógenos como coliformes totales y Escherichia coli por lo tanto no es apta para consumo de los usuarios del distrito de Tiquillaca.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo en la zona ubicada en el distrito de Tiquillaca, provincia de Puno, departamento de Puno, la cual se sitúa a 3885 m.s.n.m.



Figura 01: Localización geográfica del distrito de Tiquillaca

Fuente: Google Earth Pro

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Para esta investigación, la población estuvo relacionada directamente al manantial, un reservorio y una vivienda ubicada en el distrito de Tiquillaca.

3.2.2. TAMAÑO DE MUESTRA

Las muestras utilizadas en esta investigación se seleccionaron mediante un muestreo por conveniencia, y estuvo conformada por el manantial Umalso, el reservorio y una vivienda representativa de la localidad de Tiquillaca de los cuales se obtuvo un litro del manantial, un litro del reservorio y un litro del grifo de una vivienda, en total 3 litros para su correspondiente análisis de laboratorio.



Figura 02: Localización de los puntos de muestreo

Fuente: Google Earth Pro

Tabla 01: Descripción de los puntos de recolección de muestras

PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	COORDENADAS UTM 19L	ALTITUD m.s.n.m	CANTIDAD DE LA MUESTRA
MANANTIAL	X: 0374981 Y: 8254244	3946	1L
RESERVORIO	X: 0373139 Y: 8253261	3924	1L
VIVIENDA 01	X: 0372813 Y: 8253144	3899	1L

3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODO

- **Enfoque de la investigación:** Esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo, debido a que los datos recolectados y analizados generaron resultados en valores numéricos. Estos datos fueron posteriormente comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos para el agua.
- **Tipo de investigación:** Este proyecto utilizó una investigación descriptiva, cuya finalidad fue analizar cuidadosamente los datos a recopilarse en los diferentes puntos de muestreo, de esta forma poder interpretar los resultados finales.
- **Diseño de investigación:** Esta investigación tuvo la finalidad de evaluar y analizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del manantial, reservorio y los demás puntos de muestreo en el distrito de Tiquillaca. Asimismo se aplicó un diseño no experimental, el cual fue debidamente respaldado y justificado teóricamente.

3.3.1.1. Diseño metodológico por objetivos

Para el objetivo específico 1: Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca.

Planificación del muestreo

Identificar el manantial, reservorio y vivienda utilizada por los usuarios del distrito.

Definir puntos de muestreo representativos (entrada, salida, zonas de distribución).

Establecer frecuencia y calendario de muestreo.

Recolección de muestras

Utilizar recipientes limpios y esterilizados.

Etiquetar cada muestra con fecha, hora, ubicación y condiciones climáticas.

Transportar las muestras en condiciones adecuadas (refrigeración si es necesario).

Registro y procesamiento de datos

Ingresar los resultados en una base de datos y comparar con los estándares de calidad ambiental Categoría 1 subcategoría A1 DS. N° 004-2017- MINAM

Interpretación y validación

Evaluar si los valores cumplen con los estándares de agua potable e identificar posibles fuentes de contaminación o alteración.

Para el objetivo específico 2: Determinar la concentración de parámetros microbiológicos del agua de manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca.

Recolección de muestras para análisis microbiológico

Evitar la contaminación cruzada durante la toma.

Transportar en frío en un cooler a temperatura (4 °C) y enviar para su respectivo análisis de laboratorio dentro de las 6 horas.

Análisis microbiológico en laboratorio

Para evaluar posible presencia y concentración de: Coliformes totales y Coliformes fecales (*Escherichia coli*).

Registro y procesamiento de datos

Documentar resultados por punto y fecha y comparar con los límites permisibles según la normativa sanitaria.

Interpretación y acciones

Determinar si el agua es apta para consumo humano y recomendar medidas correctivas si se detecta contaminación (cloración, protección de fuentes, educación sanitaria).

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE: Calidad de agua de manantial.

VARIABLE DEPENDIENTE: Consumo Humano.

Tabla 02: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala
Independiente V.I. Calidad de agua de manantial	Fisicoquímica	Conductividad	µS/cm
		Temperatura	°C
		Turbiedad	UNT
		Sólidos Disueltos Totales	mg/L
		Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH
		Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L
		Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L
		Color (b)	Color Verdadero Escala Pt/Co
		Dureza	mg/L
		Cloruros	mg/L
Sulfatos	mg/L		
Nitritos (NO ₂)	mg/L		
Microbiológica	Coliformes Totales	NMP/100ml	
	Escherichia coli	NMP/100ml	

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala
Dependiente			
V.D.		Estándares de Calidad	Si cumple
Consumo	Sanitaria /	Ambiental (ECA) categoría 1	No cumple
Humano	Normativa	subcategoría A1	

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se aplicó estadística descriptiva con tabla de frecuencias, medidas de tendencia central, promedio aritmético simple.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE ACUERDO AL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

En cumplimiento del primer objetivo específico, se determinaron las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos del agua en tres puntos de muestreo del Distrito de Tiquillaca: el Manantial Umalso, el Reservorio y una Vivienda. Los resultados, obtenidos mediante análisis de laboratorio realizados en la Facultad de Ingeniería Química de la UNA - PUNO, permitirán comprobar si el agua es apta para el consumo humano según la normativa vigente, y son los siguientes:

4.1.1. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH)

Tabla 03: Resultados de laboratorio del pH

pH			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
7.28	7.16	7.31	7.25

Como se observa en la Tabla 03 y la Figura 03, los valores de pH obtenidos en los puntos de muestreo superan el valor neutro de 7. Estos resultados indican una ligera alcalinidad, la cual podría deberse a tratamientos aplicados al agua o al estado de las tuberías. Es importante destacar que, a pesar de esta variación, el promedio de las tres muestras se

mantiene dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

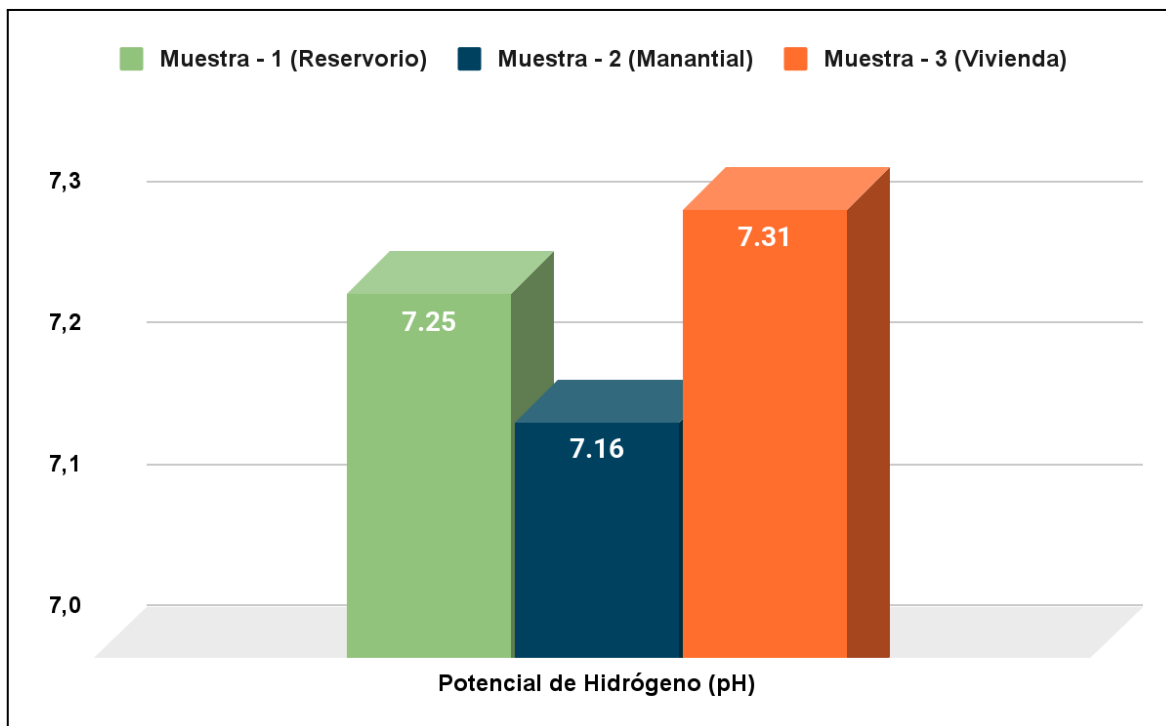


Figura 03: Comparación del pH en los 03 puntos de muestreo

4.1.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Tabla 04: Resultados de laboratorio de Conductividad Eléctrica

Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
131.70	126.20	125.10	127.66

Como se muestra en la Tabla 04 y la Figura 04, los valores de conductividad eléctrica registrados en los puntos de muestreo oscilaron entre un máximo de 131.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Muestra 1) y un mínimo de 125.10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Muestra 3). Estos resultados se encuentran significativamente por debajo de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua. La conductividad relativamente baja sugiere una

concentración moderada de minerales disueltos, como iones de calcio, magnesio, sodio y potasio, que son los principales contribuyentes a este parámetro.

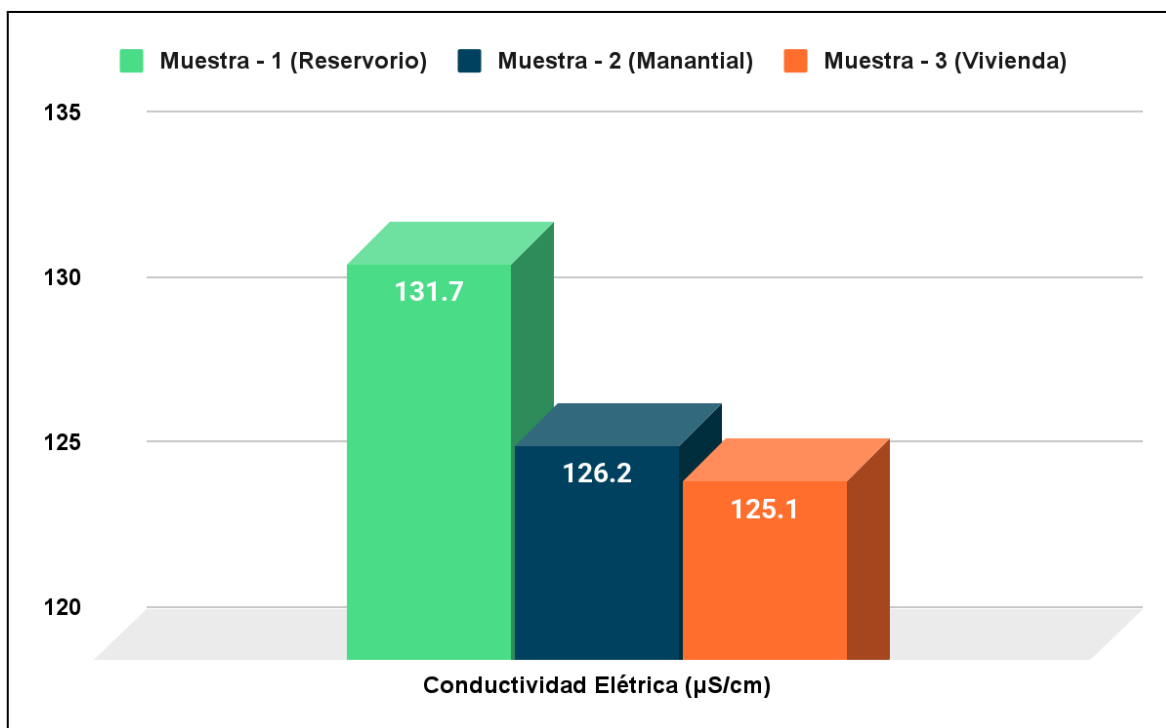


Figura 04: Comparación de la Conductividad Eléctrica en los 03 puntos de muestreo

4.1.3. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Tabla 05: Resultados de laboratorio de Sólidos Totales Disueltos

Sólidos Totales Disueltos (mg/L)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
76.87	72.03	71.20	73.36

Como se observa en la Tabla 05 y la Figura 05, las concentraciones de Sólidos Disueltos Totales halladas en los tres puntos de muestreo presentaron un rango de 71.20 mg/L a 76.87 mg/L, con un promedio de 73.36 mg/L. Estas concentraciones cumplen a cabalidad con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, lo que clasifica el agua como apta y de excelente calidad para la ingesta humana.

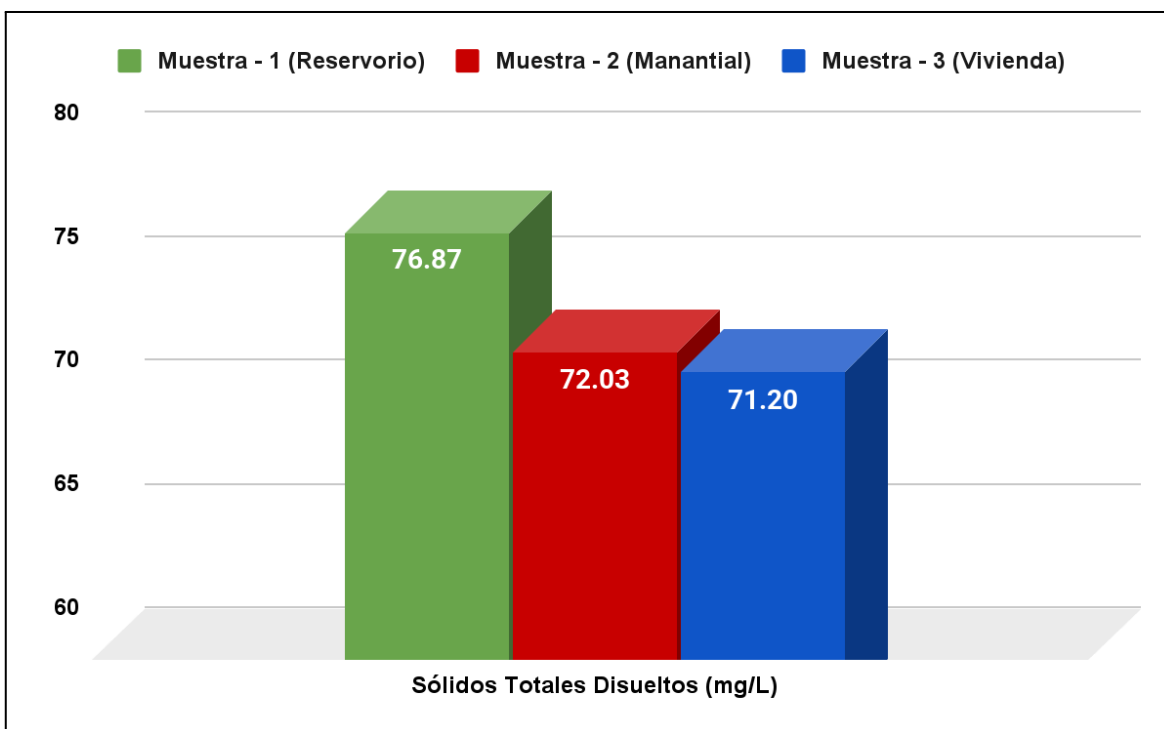


Figura 05: Comparación de Sólidos Totales en los 03 puntos de muestreo

4.1.4. DUREZA TOTAL

Tabla 06: Resultados de laboratorio de Dureza Total

Dureza Total (mg/L)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
36.80	40.80	40.60	39.40

Los valores de Dureza Total obtenidos en los puntos de muestreo se muestran en la Tabla 6 y la Figura 6. Se identificó un valor máximo de 40.80 mg/L (Muestra 2) y un mínimo de 36.80 mg/L (Muestra 1). El promedio de 39.40 mg/L permite clasificar el agua como blanda. Estos niveles se encuentran muy por debajo de los ECA aplicables, resaltando que la concentración obtenida es óptima y beneficiosa para la salud.

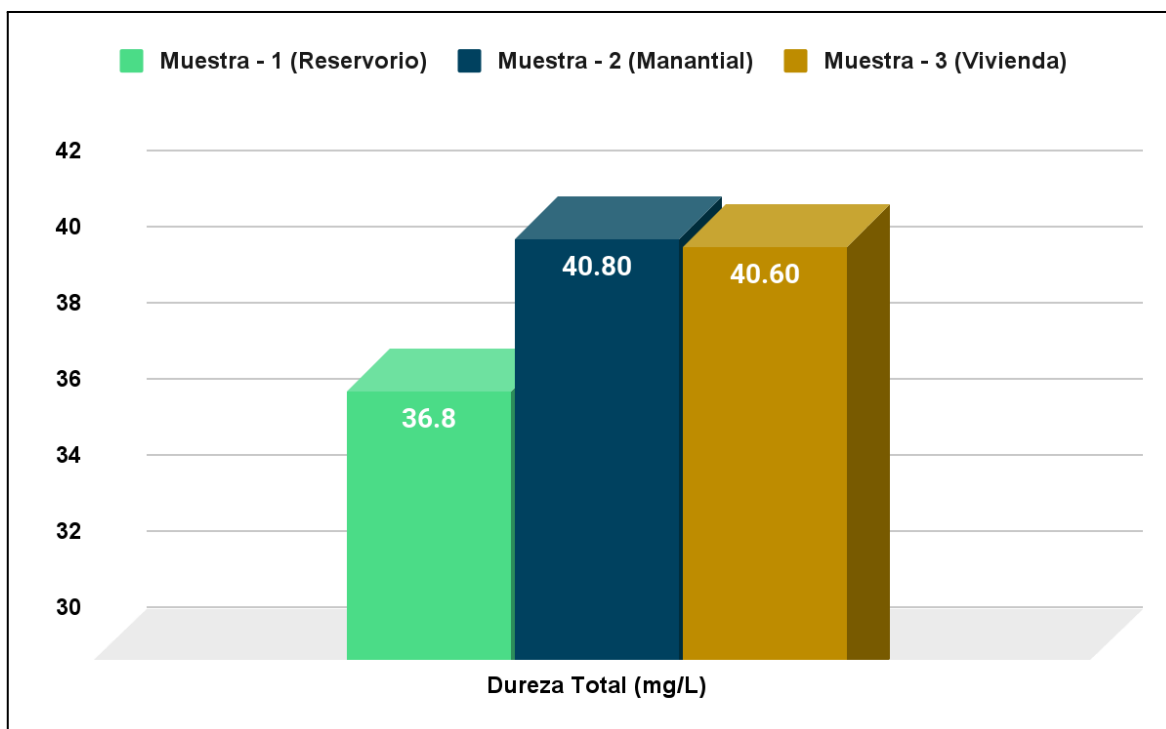


Figura 06: Comparación de Dureza Total en los 03 puntos de muestreo

4.1.5. TEMPERATURA

Tabla 07: Resultados de laboratorio de Temperatura

Temperatura (°C)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
16.20	16.20	16.20	16.20

Los valores de temperatura obtenidos en cada punto de muestreo se muestran en la Tabla 07 y la Figura 07. Se encontró una consistencia total en los resultados de laboratorio, con un valor promedio de 16.20 °C para todas las muestras analizadas. Esta temperatura es característica de agua ligeramente fría y se considera óptima para el consumo y la hidratación.

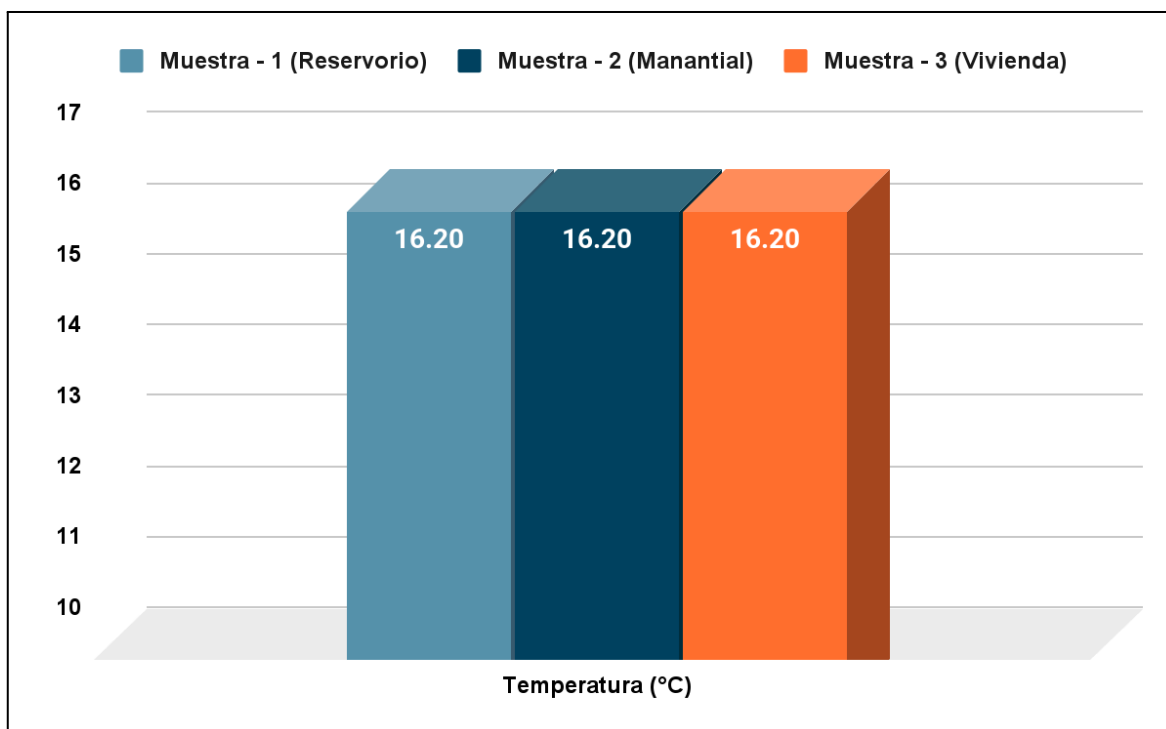


Figura 07: Comparación de Temperatura en los 03 puntos de muestreo

4.1.6. TURBIEDAD

Tabla 08: Resultados de laboratorio de Turbiedad

Turbiedad (NTU)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
0.84	0.49	1.01	0.78

Como se observa en la Tabla 08 y la Figura 08, las concentraciones de turbidez halladas en los tres puntos de muestreo oscilaron entre un máximo de 1.01 UNT (Muestra 3) y un mínimo de 0.49 UNT (Muestra 2), el promedio resultante fue de 0.78 UNT. Estos resultados confirman que los valores son óptimos y cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua.

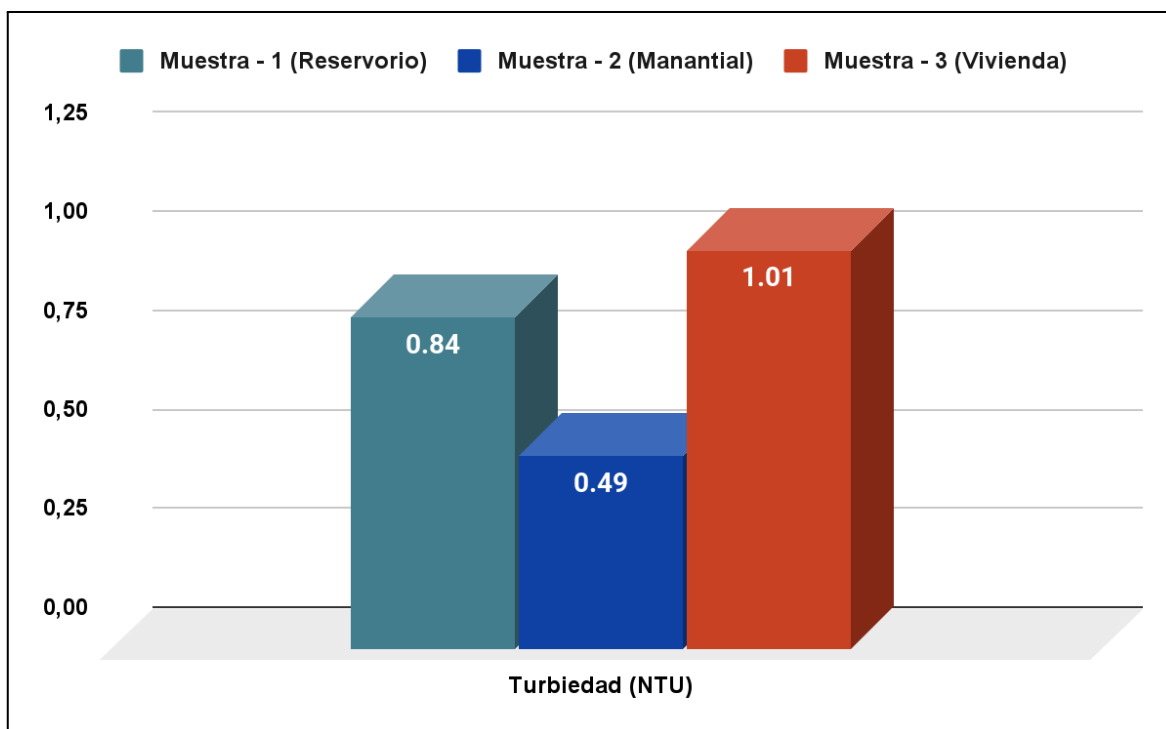


Figura 08: Comparación de Turbiedad en los 03 puntos de muestreo

4.1.7. CLORUROS

Tabla 09: Resultados de laboratorio de Cloruros

Cloruros (mg/L)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
11.99	14.20	20.34	15.51

Como se observa en la Tabla 09 y la Figura 09, la concentración de cloruros en los puntos de muestreo varió de 11.99 mg/L a 20.34 mg/L, con un promedio de 15.51 mg/L. Estos resultados confirman que las aguas analizadas cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, clasificándose como ideales para la ingesta humana al estar libres de salinidad significativa.

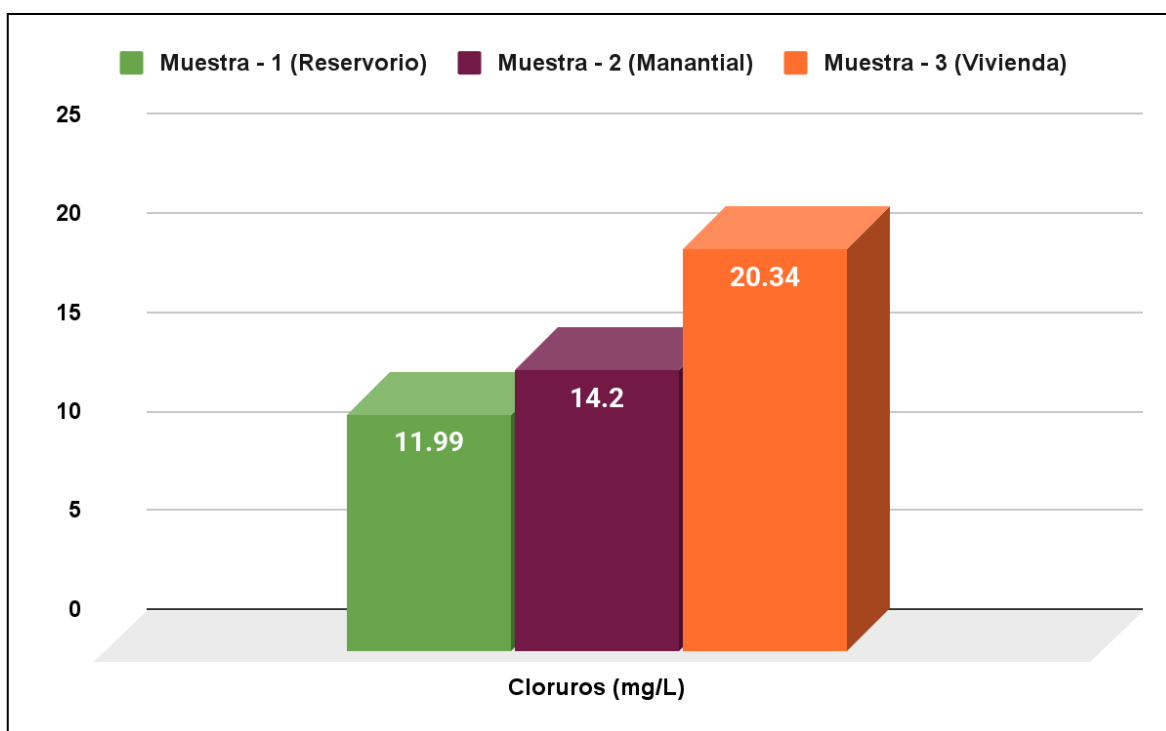


Figura 09: Comparación de Cloruros en los 03 puntos de muestreo

4.1.8. COLOR

Tabla 10: Resultados de laboratorio de Color

Color (Pt.Co)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
<5	<5	<5	<5

De acuerdo con la Tabla 10 y la Figura 10, los resultados de color aparente en los puntos de muestreo fueron uniformes, con un promedio de <5 UCV (Pt-Co). Este nivel bajo señala que las aguas son claras y cumplen holgadamente con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) aplicables, indicando una calidad visual excelente.

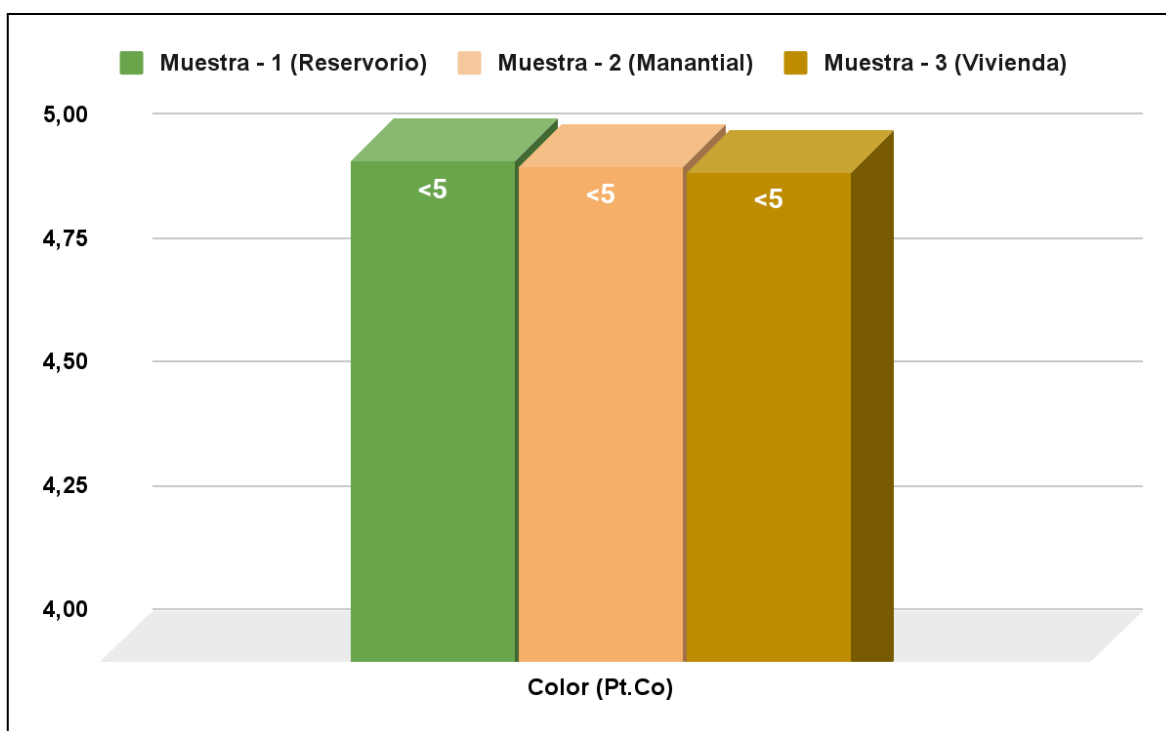


Figura 10: Comparación de Color en los 03 puntos de muestreo

4.1.9. SULFATOS

Tabla 11: Resultados de laboratorio de Sulfatos

Sulfatos (mg/L)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
13.60	13.10	13.15	13.28

Los valores de concentración de sulfatos obtenidos en cada punto de muestreo se muestran en la Tabla 11 y la Figura 11. El rango identificado va desde un mínimo de 13.15 mg/L hasta un máximo de 13.60 mg/L, con un promedio de 13.28 mg/L. Estos niveles cumplen satisfactoriamente con los valores permitidos por la normativa aplicable, asegurando características organolépticas (sabor y olor) óptimas del agua.

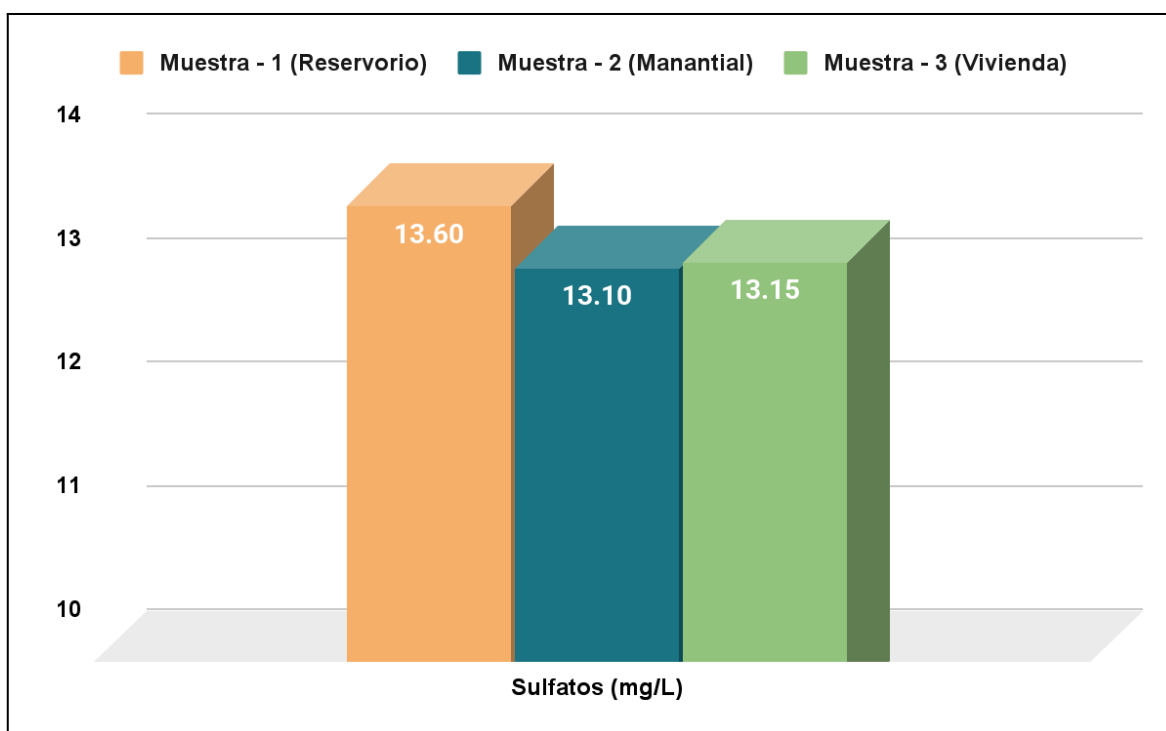


Figura 11: Comparación de Sulfatos en los 03 puntos de muestreo

4.1.10. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Tabla 12: Resultados de laboratorio de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Demanda Química de Oxígeno (mg/L)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
<5	<5	<5	<5

Los valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO) obtenidos se muestran en la Tabla 12 y la Figura 12. El promedio de las muestras analizadas fue de <5 mg/L, un nivel que indica una ausencia significativa de contaminación orgánica. Esto permite concluir que el agua es de calidad controlable y cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) aplicables.

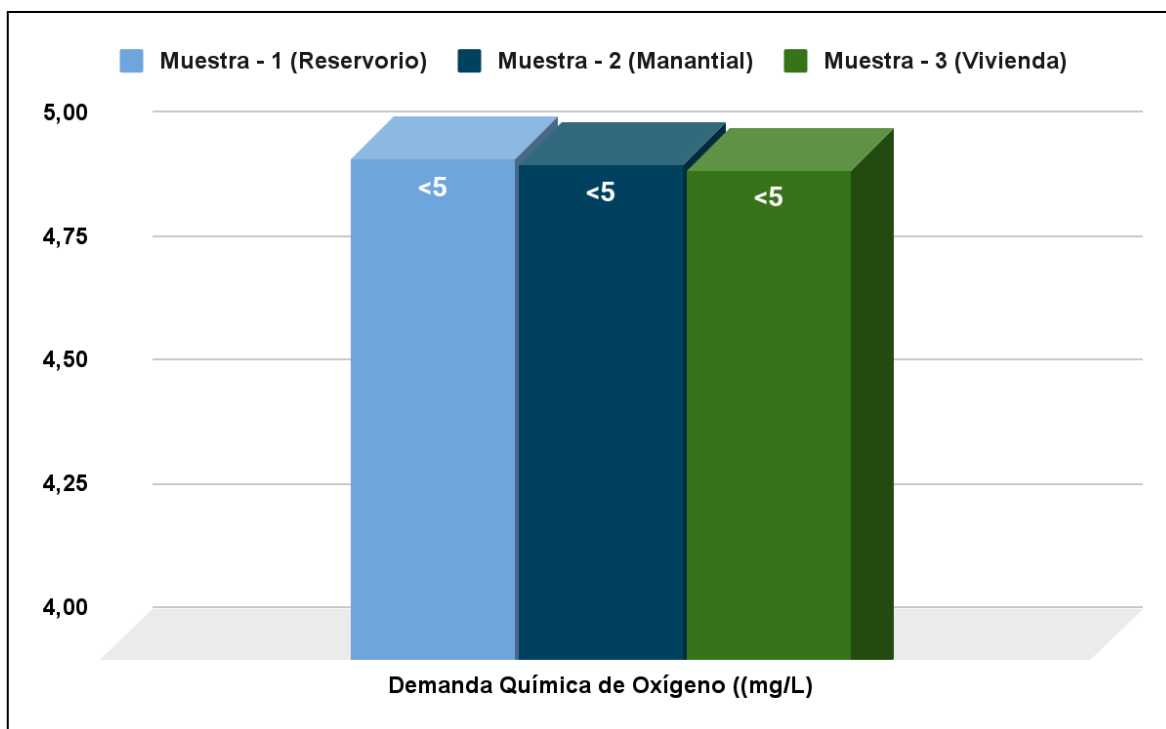


Figura 12: Comparación de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en los 03 puntos de muestreo

4.1.11. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)

Tabla 13: Resultados de laboratorio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
<5	<5	<5	<5

Como se observa en la Tabla 13 y la Figura 13, los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) presentan un promedio de <5 mg/L. Este valor indica la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición de materia orgánica. Es importante notar que esta concentración sugiere un nivel de contaminación medio, y, por consiguiente, el valor hallado en este parámetro no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua.

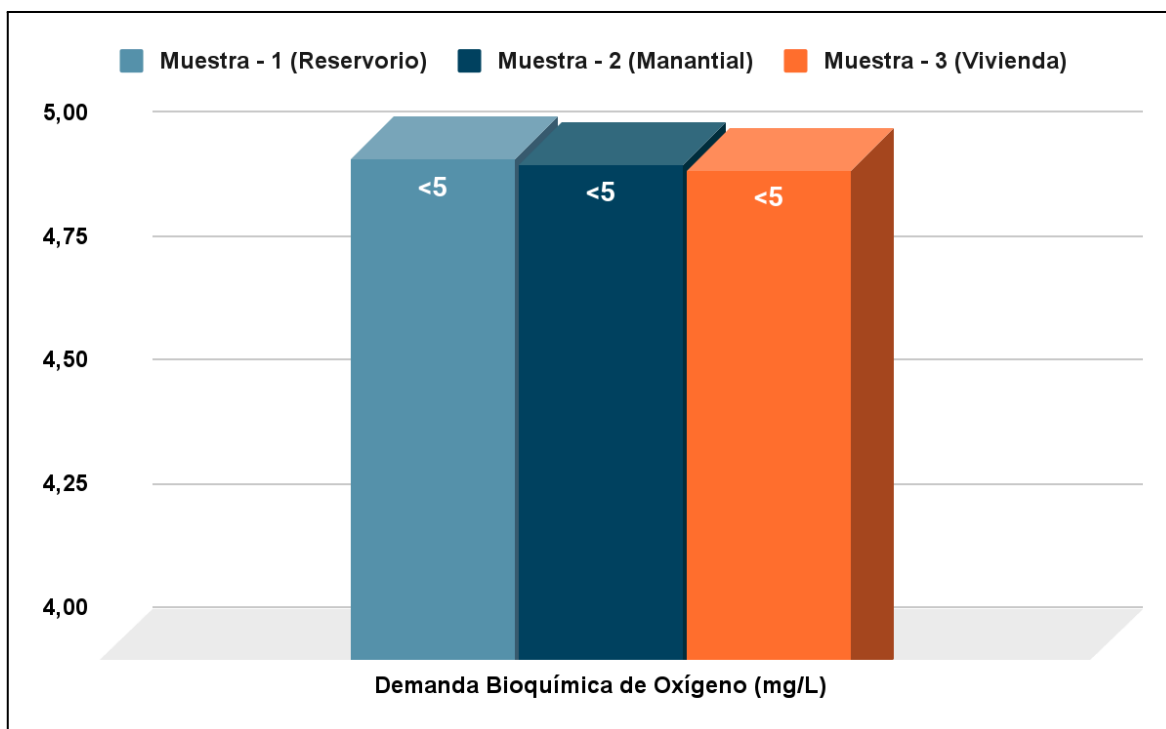


Figura 13: Comparación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en los 03 puntos de muestreo

4.1.12. NITRITOS

Tabla 14: Resultados de laboratorio de Nitritos

Nitritos (mg/L)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
0.0022	0.0056	0.0028	0.0035

Como se observa en la Tabla 14 y la Figura 14, la concentración de Nitritos determinado mediante análisis de laboratorio en los tres puntos de muestreo osciló entre 0.0022 mg/L y 0.0056 mg/L, el promedio resultante fue de 0.0035 mg/L. Este valor indica un grado de peligro mínimo para la salud humana durante la ingesta, y se encuentra por debajo de los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua.

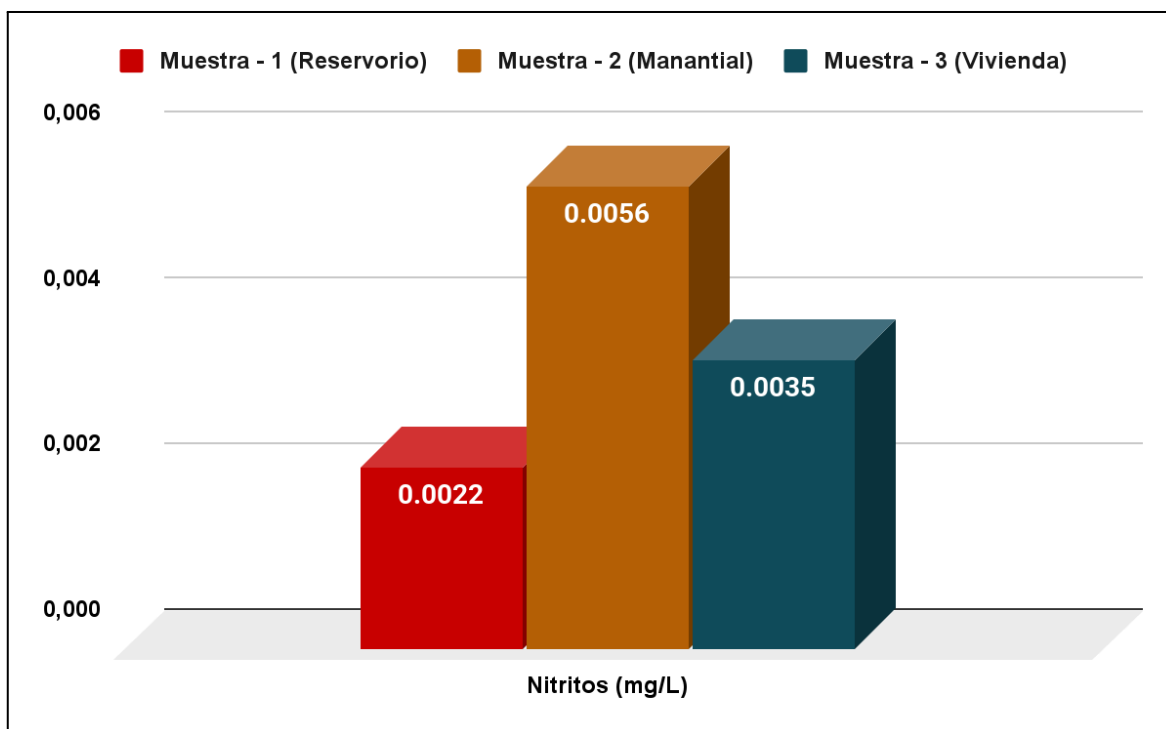


Figura 14: Comparación de Nitritos en los 03 puntos de muestreo

4.2. COMPARATIVA DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)

Tabla 15: Aplicación de las disposiciones presentes en el D. S. 004-2017-MINAM

PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS	UNIDAD	Valores Promedio	ECAs	Cumplimiento
Potencial de Hidrógeno	pH	7.25	6.5 - 8.5	Si
Conductividad Eléctrica	μS/cm	127.66	1500	Si
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	73.36	1000	Si
Dureza Total	mg/L	39.40	500	Si
Temperatura	°C	16.20	NC	Si
Turbiedad	NTU	0.78	5	Si

PARÁMETROS	UNIDAD	Valores	ECAs	Cumplimiento
FISICOQUÍMICOS		Promedio		
Cloruros	mg/L	15.51	250	Si
Color	Pt-Co	<5	15	Si
Sulfatos	mg/L	13.28	250	Si
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<5	10	Si
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	3	No
Nitritos	mg/L	0.0035	3	Si

Como se detalla en la Tabla 15, que resume la totalidad de los análisis realizados, once de los doce parámetros fisicoquímicos evaluados cumplen satisfactoriamente con los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Estándares de Calidad Ambiental para Agua).

Sin embargo, se identificó una desviación crítica en el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Los resultados muestran un valor promedio probable menor a 5 mg/L. Este hallazgo es significativo, ya que sobrepasa el límite máximo permitido de 3 mg/L estipulado en los ECA para la Categoría 1 - Subcategoría A1, lo cual indica la presencia de una carga orgánica biodegradable superior a la deseable.

4.3. ANÁLISIS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE ACUERDO AL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

En cumplimiento del segundo objetivo específico, se determinaron las concentraciones de los parámetros microbiológicos del agua en tres puntos de muestreo del Distrito de Tiquillaca: el Manantial Umalso, el Reservorio y una Vivienda. Los resultados, obtenidos

mediante análisis de laboratorio realizados en la Facultad de Ingeniería Química de la UNA - PUNO, permitirán comprobar si el agua es apta para el consumo humano según la normativa vigente, y son los siguientes:

4.3.1. COLIFORMES TOTALES

Tabla 16: Resultados de laboratorio de Coliformes Totales

Coliformes Totales (NMP/100ml)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
7	4	7	6

Como se observa en la Tabla 16 y la Figura 15, las concentraciones de Coliformes Totales halladas en los tres puntos de muestreo oscilaron entre un mínimo de 4 y un máximo de 7 NMP/100 ml, el promedio final fue de 6 NMP/100 ml. Si bien esto indica la presencia de una contaminación bacteriana, el valor es relativamente bajo y puede ser mitigado eficazmente mediante un proceso de desinfección adecuado, como la cloración.

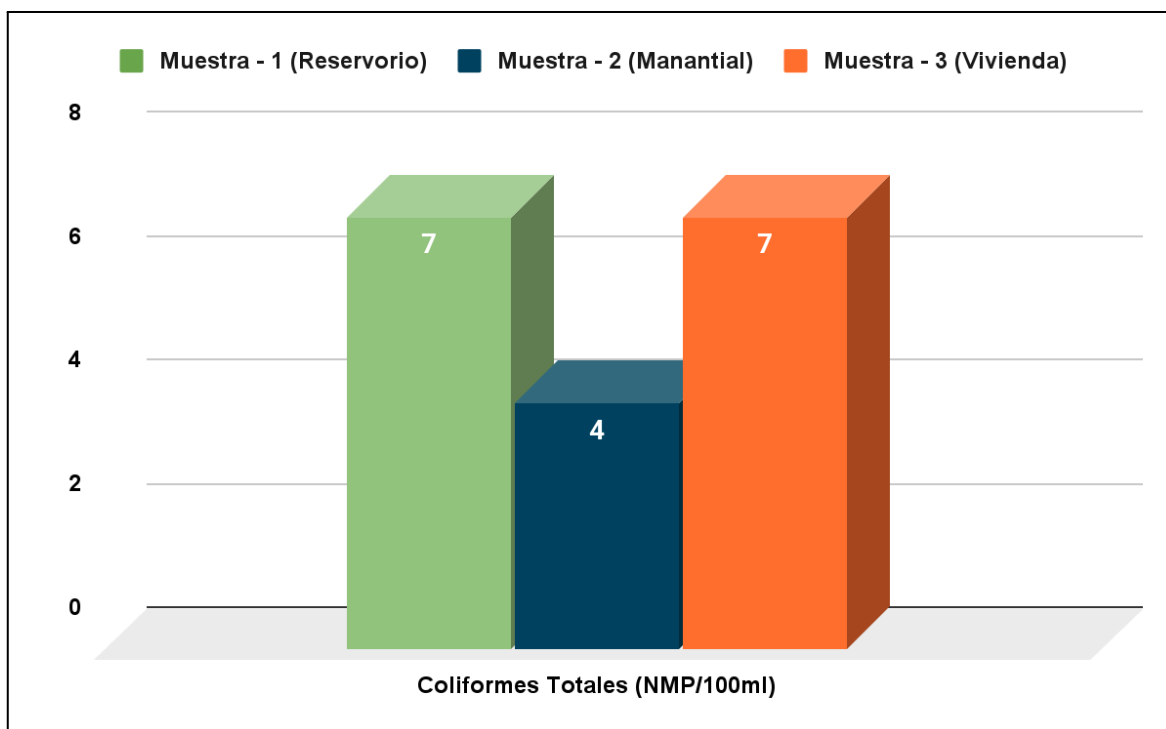


Figura 15: Comparación de Coliformes Totales en los 03 puntos de muestreo

4.3.2. ESCHERICHIA COLI

Tabla 17: Resultados de laboratorio de Escherichia Coli

Escherichia Coli (NMP/100ml)			
MUESTRA - 1 (RESERVORIO)	MUESTRA - 2 (MANANTIAL)	MUESTRA - 3 (VIVIENDA)	PROMEDIO
<1	<1	<1	<1

Los valores de Escherichia coli (E. coli) obtenidos en cada punto de muestreo se muestran en la Tabla 17 y la Figura 16. El análisis microbiológico identificó un promedio menor a 1 NMP/100ml. La detección de E. coli sugiere una contaminación de origen fecal (humano o animal) y compromete la potabilidad del agua, ya que la normativa sanitaria es estricta: el valor máximo permisible para este parámetro es cero. El consumo de esta agua representa un riesgo considerable para la salud.

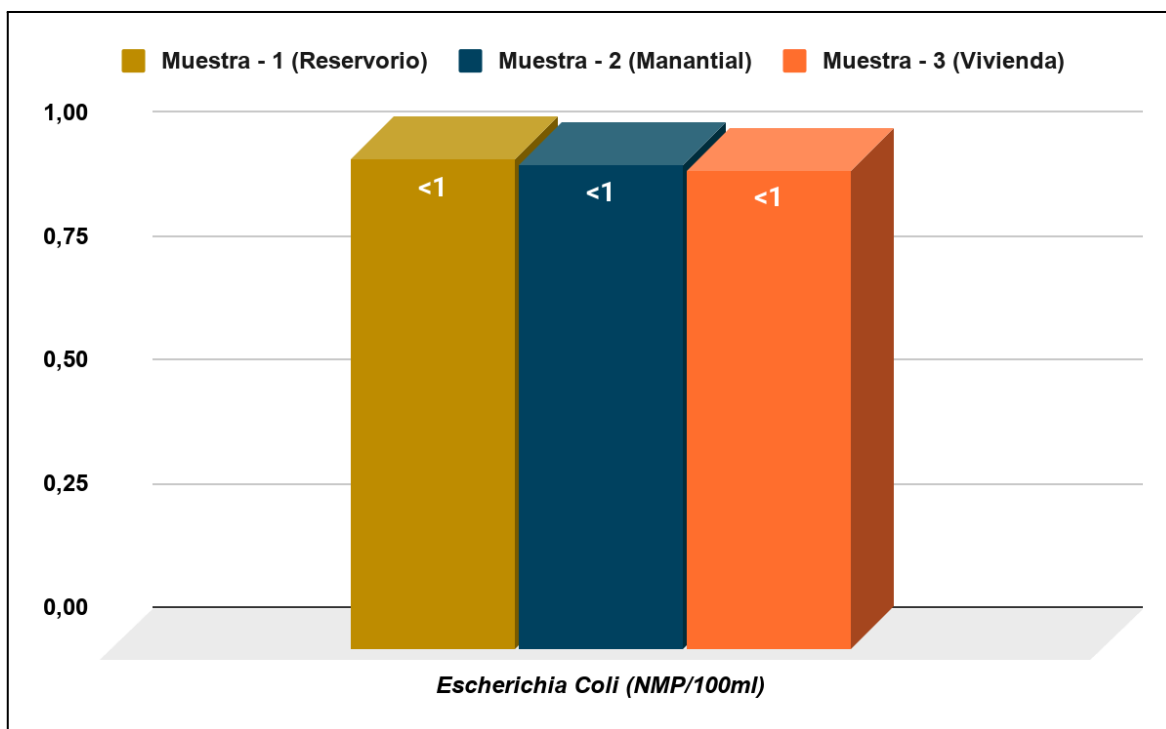


Figura 16: Comparación de Coliformes Totales en los 03 puntos de muestreo

4.4. COMPARATIVA DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS CON LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA)

Tabla 18: Aplicación de las disposiciones presentes en el D. S. 004-2017-MINAM

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	UNIDAD	Valores Promedio	ECAs	Cumplimiento
Coliformes Totales	NMP/100ml	6	50	Si
Escherichia coli	NMP/100ml	<1	0	No

Como se resume en la Tabla 18, que presenta los resultados comparativos de los dos parámetros microbiológicos analizados, se evaluó la conformidad con los límites establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Estándares de Calidad Ambiental para Agua).

Respecto a los parámetros microbiológicos, solo Coliformes Totales cumplen con la normativa mencionada. Sin embargo, se identificó un incumplimiento crítico en el

parámetro de *Escherichia coli* (*E. coli*). Los valores detectados para *E. coli* contraviene la regulación, ya que la norma sanitaria peruana es categórica: el valor permitido en los ECA para la Categoría 1 - Subcategoría A1 para agua potable es estrictamente cero.

La detección de *E. coli*, incluso en concentraciones mínimas, es un indicador fidedigno de contaminación fecal reciente y representa un riesgo inmediato para la salud pública. Este hallazgo subraya la necesidad imperativa de implementar medidas de desinfección urgentes en los puntos de muestreo afectados para garantizar la potabilidad del agua y proteger a la población del Distrito de Tiquillaca.

4.5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- El estudio realizado por Muro (2025) en cuatro puntos de muestreo en los manantiales de la localidad de Carumas arrojó resultados positivos en la mayoría de los parámetros fisicoquímicos evaluados. Específicamente, las concentraciones de cloruros (0.214 a 0.374 mg/L), conductividad eléctrica (53.6 a 77.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$), dureza (10.1 a 18.1 mg/L), pH (7.24 A 7.64) y sólidos totales (35 a 51.5 mg/L) se encontraron muy por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

No obstante, los resultados microbiológicos presentaron un panorama negativo, ya que los valores de *Escherichia coli* (*E. coli*) (1.8 a 2 NMP/100ml) incumplieron la normativa vigente. En comparación, los resultados de la presente investigación realizada en el Distrito de Tiquillaca mostrando similitudes tanto en parámetros fisicoquímicos (pH 7.16 a 7.31) como microbiológicos (*E. coli* <1 NMP/100ml). Estos hallazgos sugieren un problema crucial: a pesar del cumplimiento fisicoquímico, la presencia de *E. coli* es suficiente razón para desestimar la aptitud del agua para consumo humano en ambas localidades.

- El estudio realizado por Paxi (2025), en la localidad de Culta (Acora, Puno) arrojó resultados positivos en la evaluación de parámetros fisicoquímicos en los manantiales Tacuyo y Qaqallaka., encontró valores de pH (7.10 a 7.72), dureza total (4.17 a 28.92 mg/L, y nitratos (18.30 a 26.60 mg/L) cumpliendo con la normativa

vigente, de manera similar, los resultados microbiológicos demostraron la ausencia de Escherichia coli (E. coli), con un valor detectado de cero.

En la investigación realizada en el Distrito de Tiquillaca se obtuvieron resultados físico químicos similares; sin embargo, se determinó la presencia de E. coli. en <1 NMP/100ml. Esta divergencia permite inferir que, si bien la calidad natural del agua es buena en ambas áreas, los manantiales de Tiquillaca están expuestos a una fuente de contaminación fecal localizada probablemente por (actividad humana, ganadería, etc.) hecho que no afecta a los manantiales estudiados por (Paxi, 2025).

- El estudio realizado por Contreras (2025), en los manantiales de la comunidad de Jiscullaya (Ilave, Puno) demostró resultados positivos en parámetros fisicoquímicos, pero negativos en microbiológicos. Los promedios obtenidos fueron: pH de 7.41, dureza total de 52.01 mg/L, cloruros de 15.31 mg/L, sulfatos de 4 mg/L, y sólidos totales disueltos de 67.11 mg/L; todos dentro de norma. No obstante, los coliformes totales alcanzaron 29 NMP/100ml, indicando contaminación.

Comparando con la investigación sobre la calidad del agua de manantial en el Distrito de Tiquillaca donde se obtuvo resultados fisicoquímicos aceptables y un parámetro microbiológico (coliformes totales) con un promedio de 6 NMP/100ml. La diferencia en las concentraciones de coliformes totales sugiere que la mayor concentración en Jiscullaya podría deberse a una protección inadecuada de los manantiales, a una mayor actividad contaminante en la microcuenca o a una mayor infiltración de contaminantes orgánicos a través del subsuelo.

Ambos estudios concluyen que el agua no es directamente apta para consumo humano sin tratamiento. La diferencia de concentraciones observada puede atribuirse a la vulnerabilidad específica de cada punto de captación o a la intensidad de las actividades antrópicas en las inmediaciones.

4.6. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Contrastando las Hipótesis nula e hipótesis alternas considerando como Hipótesis nula (H_0), e Hipótesis alternativa (H_a) que se pretenden probar; elegidas comprobando la veracidad o falsedad de las hipótesis formuladas de acuerdo a los resultados obtenidos.

Hipótesis General.

HIPÓTESIS ALTERNA: H_a . La calidad de agua de manantial para consumo humano no es apta para los usuarios del distrito de Tiquillaca.

HIPÓTESIS NULA: H_0 . La calidad de agua de manantial para consumo humano es apta para los usuarios del distrito de Tiquillaca.

En relación a los resultados obtenidos, la calidad de agua para consumo humano no es apta para los usuarios del distrito de Tiquillaca, de acuerdo a la Tabla 15 y 18.

Por lo tanto: Se acepta la hipótesis alterna (H_a) y se rechaza la nula (H_0)

Hipótesis específica 1.

HIPÓTESIS ALTERNA: H_a . No todos los parámetros fisicoquímicos del agua de manantial cumplen con los ECA para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca

HIPÓTESIS NULA: H_0 . Todos los parámetros fisicoquímicos del agua de manantial cumplen con los ECA para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca

En relación a los resultados obtenidos, no todos los parámetros fisicoquímicos del agua de manantial cumplen con los ECA para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca, de acuerdo a la Tabla 15.

Por lo tanto: Se acepta la hipótesis alterna (H_a) y se rechaza la nula (H_0)

Hipótesis específica 2.

HIPÓTESIS ALTERNA: H_a . El agua del manantial contiene patógenos como coliformes totales y Escherichia coli por lo tanto no es apta para consumo de los usuarios del distrito de Tiquillaca.

HIPÓTESIS NULA: H_0 . El agua del manantial no contiene patógenos como coliformes totales y *Escherichia coli* por lo tanto es apta para consumo de los usuarios del distrito de Tiquillaca.

En relación a los resultados obtenidos, el agua del manantial contiene patógenos como coliformes totales y *Escherichia coli* por lo tanto no es apta para consumo de los usuarios del distrito de Tiquillaca, de acuerdo a la Tabla 18.

Por lo tanto: Se acepta la hipótesis alterna (H_a) y se rechaza la nula (H_0)

CONCLUSIONES

PRIMERA: La calidad de agua del manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca, de acuerdo al análisis realizado en conformidad con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (que establece los Estándares de Calidad Ambiental - ECA para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A1: Agua Potable), ha determinado que el agua no es apta para su ingesta directa. Este dictamen se basa en los resultados de análisis de laboratorio realizados particularmente en los parámetros microbiológicos, razón suficiente para desestimar la potabilidad del agua de la fuente.

SEGUNDA: La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca supera en uno de doce parámetros, Si bien la mayoría de los parámetros fisicoquímicos analizados (como pH, turbidez, dureza, cloruros, sulfatos y sólidos disueltos totales) cumplen satisfactoriamente con los límites establecidos por la normativa, garantizando características químicas y organolépticas adecuadas, Se identificó un incumplimiento en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), que superó el límite de 3 mg/L permitido por los ECA, lo cual sugiere una carga orgánica superior a la deseable.

TERCERA: La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de manantial destinada al consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca determinó la detección de Coliformes Totales y, de manera crucial, la presencia de Escherichia coli (E. coli) en todos los puntos de muestreo analizados, constituye el factor determinante de la no aptitud del agua para ingesta directa, dado que la normativa vigente exige un valor de

ceros para *E. coli* en agua potable, ya que la presencia de contaminación bacteriana de origen fecal representa un riesgo significativo e inaceptable para la salud pública.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Tiquillaca y a la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) prohibir temporalmente el consumo directo del agua del manantial sin tratamiento previo y comunicar de manera inmediata a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), a través de la Administración Local del Agua (ALA) Puno sobre el riesgo sanitario identificado, esta notificación debe incluir los resultados completos de los análisis de laboratorio que demuestra el incumplimiento de la normativa nacional vigente.

SEGUNDA: Se sugiere a futuros investigadores y a las autoridades competentes realizar un estudio exhaustivo de la vulnerabilidad y riesgo de contaminación en el manantial para identificar las fuentes exactas de materia orgánica que elevan la DBO5. Este estudio debe tener como objetivo principal identificar las fuentes exactas de materia orgánica, asimismo implementar medidas de protección de la fuente, como la reforestación perimetral, la mejora en la construcción de cercos sanitarios para el ganado y la mejora del manejo de residuos sólidos en las áreas circundantes.

TERCERA: Es imperativo y urgente implementar un sistema de desinfección permanente y eficiente del agua, preferiblemente mediante cloración u ozonización, en la línea de aducción o en el reservorio. Esto asegurará la eliminación de patógenos como E. coli y Coliformes Totales garantizando que el agua distribuida a los usuarios cumpla finalmente con los estándares de potabilidad requeridos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que establece los Estándares de Calidad Ambiental - ECA para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A1: Agua Potable, asegurando así la salud pública de los habitantes del distrito de Tiquillaca.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Quispe, S. J. (2022). Calidad del Agua de Consumo Humano y su influencia en la Salud de las personas del Asentamiento Humano Huarango y Upis Huarango del Sector Tierra Prometida de la Ciudad de Ica, 2022. *Universidad Nacional San Lius Gonzaga*.
<https://repositorio.unica.edu.pe/items/a8e3eace-151c-4140-9489-23faf6409036>
- Alcca Chahuares, B. (2023). Calidad del agua para consumo humano de los manantiales Quipata- Totorpujo, Plaza, Estadio y Jjaquejihuata distrito de Platería – Puno—2022. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/499>
- Andueza, F., Ibaza, D., Arciniegas, S., Parra, Y., Escobar, S., Ramírez, A. C., Medina, G., & Araque, J. (2020). *Calidad microbiológica del agua de los manantiales mineromedicinales del balneario “Santagua de Chachimbiro”. Imbabura. Ecuador*.
<https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Arpasi Curasi, G. L. (2024). Nivel de contaminación por Arsénico (as) en agua de pozos para consumo humano en el Centro Poblado de Yapura—Capachica, 2023. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/995>
- Arteaga Mejía, M. (2021). Caracterización física y química del agua de los manantiales de Cuatro Ciénegas, Coahuila. *UNAM – Dirección General de Bibliotecas*.
<http://repositorio.unam.mx>
- Aviles, S. F. H. (2023). Análisis de la calidad de agua en manantiales volcánicos para abastecimiento de agua para consumo humano. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 18(2), ículo e1540-ículo e1540. <https://doi.org/10.36829/08ASA.v18i2.1540>
- Baca Llacua, E., & Valdez Acero, R. D. (2023). Evaluación de la calidad microbiológica del agua de manantial para consumo humano, Viques 2022. *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/5709>

- Bellido Davila, R. (2021). *Evaluación del agua subterránea del sector de remanso de Characato Arequipa, factibilidad del uso del agua para consumo humano*. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_423eb74c22632649c544a8e95bdc2c85
- Benavides López, M. A., & Taboada Galvez, M. L. (2022). Efectos de las micronanoburbujas de aire en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua de la laguna Huacachina, Ica 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/119265>
- Bernex, N., Apaéstegui, J., Chung, B., & Castro, M. L. (2019). Perú, el doble reto de la calidad del agua y seguridad hídrica. *Academia Nacional de Ciencias del Perú*. www.ancperu.org
- Bonifacio Durant, L. F. (2023). *Calidad de agua para consumo poblacional, en la localidad de Ocuvi, distrito de Ocuvi, provincia de Lampa—Puno*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20787>
- Ccora Repuello, B. (2022). Evaluación de la Calidad del Agua para Consumo Humano de la Localidad de Acobamba. *Universidad Nacional de Huancavelica*. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/6edb2b31-0803-4f68-af85-8dcc3365a3d8>
- Chaca Ayuque, C., & Ñañez Cassani, Y. (2022). Evaluación de la Calidad de Agua para Consumo Humano del Manantial Castilla Puquio del Distrito de Ascensión—Huancavelica en el año 2021. *Universidad Nacional de Huancavelica*. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a56060a2-75bf-400d-b65d-89ef65da2b17/content>
- Challco Jimenez, G. K. (2023). *Determinación de la calidad del agua para consumo humano del manantial Marampampa distrito de Ocobamba, Cusco 2023*.
- Chipana Balcona, K. M., & Crisostomo Huayllani, Z. (2021). Comparación entre los Índices Icarhs e Ica-Nsf en la calidad de agua para consumo humano en la Comunidad HuisapataOcoruro-Espinar-Cusco 2021. *Universidad Cesar Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/79194>

- Coello-Cabezas, J. R., Jiménez-Gutiérrez, M. Y., Serrano-Castillo, B. J., Herrera-Morales, G. C., Coello-Cabezas, J. R., Jiménez-Gutiérrez, M. Y., Serrano-Castillo, B. J., & Herrera-Morales, G. C. (2023). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los cuerpos de agua para uso agropecuario. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 5(9), 4-20. <https://doi.org/10.35381/a.g.v5i9.2509>
- Condori Gomez, B. A. (2025). Evaluación de la calidad del agua en manantiales de la parcialidad Huerta Parque del Centro Poblado Caspa, Juli—Puno 2025. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1567>
- Contreras Chura, H., Belizario Quispe, G., & Chui Betancur, H. (2025). (PDF) Calidad del agua para consumo humano en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya, el Collao, Puno, Perú. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/373670002>
- Cordova Rumay, O. M. (2021). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica en los manantiales de Pauco 1 y 2, Celendín 2020*.
- Culqui Romero, C. A., & Chávez Chávez, D. R. (2023). Determinación de la Calidad de Agua del Manantial que abastece a la Población del Sector Las Flores en el Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca, 2022. *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/36094>
- Estraba Lapas, G., & Vidal Olortegui, C. L. (2021). Determinación de Calidad de Agua para el Consumo Humano aplicando la Metodología de Revisión Sistemática y Metaanálisis en Tesis Universitarias. *Universidad Norbert Wiener*. https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/5359/T061_40082246_41399773_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Figuroa Choque, Y. N. (2024). Calidad del agua de manantiales en la urbanización villa Santa Rosa de la ciudad de Puno—2024. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/888>

- García Campos, K. S., & Parejas Quincho, B. D. (2021). Eficiencia de las macrófitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, en las propiedades físico-químicas y microbiológicas de la PTAR del distrito de Huachac, Chupaca, 2021. *Universidad Continental*.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10662>
- Gonzales Mendoza, F. S. (2023). *Análisis fisicoquímico y mitigación de la calidad de agua del manantial Huaila Pujo, para consumo de los pobladores de la Comunidad de Chila Tiquillaca—Puno*.
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20794>
- Huaccha Sánchez, J. S. (2021). "Evaluación de la Calidad Fisicoquímica y Microbiológica del Agua del Manantial Ne-02 para su Consumo Humano del Caserío Agua Blanca, Distrito de Sorochuco, Cajamarca—2019." *Universidad Privada del Norte*.
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30834/Huaccha%20Sanchez%20Juan%20Silverio%20-%20Villena%20Lozano%20Manuel%20Paci%20c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huanacuni Flores, M. B. (2025). Evaluación del efecto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río llave – 2025. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1643>
- Huarachi Cruz, C. E. (2021). Evaluación de la calidad de agua para el consumo humano en la Isla Ccapi los Uros del Lago Titicaca—Puno. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC S.A.C./88>
- Instituto de Calidad Ambiental. (2023). Calidad Ambiental en el Perú: Definición, normativa e importancia. *Instituto Ambiental*.
<https://institutoambiental.pe/calidad-ambiental-en-el-peru-definicion-normativa-e-importancia/>
- Larijo Nina, M. Y. (2025). Calidad del agua para el consumo humano de la Comunidad Alintuyo—llave 2025. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1722>

- León, J. A. C. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales—1ra edición*. Ecoe Ediciones.
- León-Duarte, L., Arada-Pérez, M. de los Á., Vila-Torres, L., Fernández-Estrada, A., Chibinda, C., León-Duarte, L., Arada-Pérez, M. de los Á., Vila-Torres, L., Fernández-Estrada, A., & Chibinda, C. (2022). Evaluación de la calidad del agua del manantial “El Paraíso” en Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Química*, 34(2), 303-314.
- Ligarda Samanez, C. A. (2021). *Incidencia de las actividades agropecuarias en la concentración de pesticidas, propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del río Chumbao, en la provincia de Andahuaylas, Apurímac, año 2020*. <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/4545>
- Mamani Sánchez, B., Aguilar Franco, F., Nova Pinedo, M., & Daza Kucharsky, A. (2022). Diagnóstico de la calidad de agua para consumo humano en las comunidades Carmen Pampa y Chovacollo en Coroico—Bolivia. *Acta Nova*, 10(4), 443-460.
- Morales Goicochea, W. (2022). Calidad Fisicoquímica y Bacteriológica del Agua Subterránea utilizada para el Consumo Humano en el Caserío Pata Pata Centro Poblado Pariamarca – Cajamarca—2020. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4885>
- Muro Caceres, C. (2025). *Calidad del Agua de las Captaciones Winchintayani 01, 02, 03 Y Chalsahuaya en el Distrito de Carumas—Moquegua 2025*. https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/1403/Carolina_Celinda_MURO_CACERES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ortiz Zuasnabar, R., & Quito Huaccho, K. J. (2021). Calidad del Agua para Consumo Humano en los Centros Poblados de Sachapite y Antacocha- 2020. *Universidad Nacional de Huancavelica*. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/c226478f-36b8-4479-b172-e398fd111403>

- Paccari Amesquita, P. V. (2025). Evaluación de la calidad de agua de los pozos del sector Chachuyo del Centro Poblado de Pucarlaya, distrito de Puno—2024. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1298>
- Palomino Quispe, F. Y. (2023). Evaluación de calidad de agua para consumo humano en el manantial Estange del sector Patawasi, Checacupe-Canchis-Cusco 2022. *Universidad Continental Arequipa*. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14042/1/IV_FIN_107_TE_Palomino_Quispe_2023.pdf
- Paxi Flores, J. S. (2025). Calidad del agua de los manantiales Tacuyo y Qaqallaka en el Centro Poblado de Culta, Acora, Puno—2025. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1374>
- Romero Garate, J. C. (2022). Análisis de la Calidad de Agua para Consumo Humano y Percepción Local en la Población de la Ciudad de Naranjillo, Distrito Luyando – Leoncio Prado—2022. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/11ff997a-86e7-4786-9e92-ced445f8fabb/content>
- Roque Roque, L. (2024). *Calidad fisicoquímica y bacteriológica de la fuente de agua de consumo humano del distrito de Santiago de Pupuja, Azángaro—Puno*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21419>
- Ticona Ortega, A. W. (2025). Variación de la calidad del agua del Río Lampa por vertimiento de aguas residuales de la P.T.A.R. del Distrito de Lampa—Puno, 2025. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1764>
- Ttito Guillen, M. (2024). Influencia de la calidad del agua en las enfermedades gastrointestinales en la urbanización Praderas del Inka de Juliaca, 2024. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1074>

Vammen, K., & Vaux, H. (2019). Calidad del Agua en las Américas, Riesgos y Oportunidades. *Programa de agua de IANAS*, 661.

Wong, C., Alonso, A., & Carranza, C. (2021). Calidad del agua de los manantiales del humedal natural "Ciénega de Tamasopo" en San Luis Potosí, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(6), Article 6. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-06-01>


Yanarico Mamani, C. A. (2025). Calidad de agua de pozos tubulares para consumo humano del Centro Poblado de Jucumarini, Distrito de Ichuña, Moquegua 2025. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1715>

ANEXOS


Anexo 01: Matriz de Consistencia: CALIDAD DE AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE TIQUILLACA, PUNO - 2025

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es la calidad de agua del manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca 2025? 	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la calidad de agua del manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca 2025. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La calidad de agua de manantial para consumo humano no es apta para los usuarios del distrito de Tiquillaca 2025. 	<p>Variable independiente</p> <p>Calidad de agua de manantial</p>	<p>Fisicoquímica</p>	<p>Conductividad Temperatura Turbiedad Sólidos Disueltos Totales pH DBO5 DQO Color Dureza Cloruros Sulfatos Nitritos</p>	<p>µS/cm °C UNT mg/L Unidad de pH mg/L mg/L Pt/Co mg/L mg/L mg/L</p>	<p>TIPO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descriptiva <p>DISEÑO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descriptivo No experimental <p>POBLACIÓN: Manantial, Reservoirio y 01 vivienda</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos del manantial para consumo humano de los usuarios del distrito Tiquillaca?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca. 	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No todos los parámetros fisicoquímicos del agua de manantial cumplen con los ECA para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca. 	<p>Variable dependiente</p> <p>Consumo Humano.</p>	<p>Microbiológica</p>	<p>Coliformes totales <i>Escherichia coli</i></p>	<p>NMP/100ml NMP/100ml</p>	<p>MUESTRA Un litro por punto de muestreo.</p> <p>MÉTODO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descriptivo <p>TÉCNICA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registro <p>INSTRUMENTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ficha de observación • Registro de datos recolectados
<p>- ¿Qué componentes microbiológicos contiene el agua de manantial para consumo humano de los usuarios del distrito Tiquillaca?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la concentración de parámetros microbiológicos del agua de manantial para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca. 	<ul style="list-style-type: none"> - El agua del manantial contiene patógenos como coliformes y <i>Escherichia coli</i> por lo tanto no es apta para consumo humano de los usuarios del distrito de Tiquillaca. 		<p>Sanitaria / Normativa</p>	<p>Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categoría 1 subcategoría A1</p>	<p>Si Cumple No Cumple</p>	<p>Técnicas de procesamiento de datos: Estadística Descriptiva</p>

Anexo 02: Resultados de laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos en reservorio



Universidad Nacional del Altiplano
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD "LCC"



Nº 000296
ORIGINAL

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

PROCEDENCIA : MANANTIAL UMALSO - TIQUILLACA - PUNO

INTERESADOS : BERLY EDUARDO PONCE VILCA

MOTIVO : CALIDAD AGUA.

PROYECTO DE TESIS : CALIDAD DE AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE TIQUILLACA, PUNO - 2025

ANÁLISIS : FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

FECHA DE MUESTREO : 19/11/2025, por el interesado (*)

FECHA DE RECEP. : 19/11/2025

ANÁLISIS : 19/11/2025

CODIGO DE PAGO : B009-000885

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

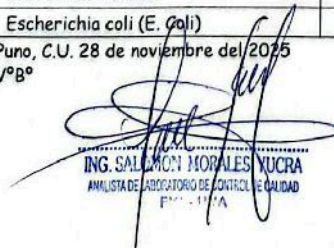
ASPECTO : Líquido

COLOR : Incoloro.


CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	M-1 RESERVORIO	METODO DE ANÁLISIS
Potencial de Hidrogeno	pH	7.28	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	µS/cm	131.70	Conductímetro
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	76.87	Conductímetro
Dureza Total como CaCO ₃	mg/L	36.80	Volumétrico
Temperatura	°C	16.20	Potenciómetro
Turbiedad	NTU	0.84	APHA 2130 B
Cloruros como Cl ⁻	mg/L	11.99	Método Mohr
Color	UCV /Pt-Co	< 5	APHA 2120 B
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	mg/L	13.60	Turbidimétrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	< 5	APHA Standard Methods 5220
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	< 5	APHA para DBO: 5210 - BOD
Nitritos NO ₂	mg/L	0.0022	Colorimétrico
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Totales	NMP/100ml	7	Número más probable
Escherichia coli (E. Coli)	NMP/100ml	< 1	Número más probable

Puno, C.U. 28 de noviembre del 2025
VºBº



ING. SALOMON MORALES XUCRA
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
PUNO - PERU



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

* El LCC-FIQ no garantiza la procedencia ni la buena práctica de toma de la muestra ya que el interesado ingresa la muestra directamente al laboratorio.

Ciudad Universitaria Av. Floral Nº 1153, RESPONSABLE DEL LCC - FIQ – Cel.: 944019993

Anexo 03: Resultados de laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos en manantial



Universidad Nacional del Altiplano
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD "LCC"



Nº 000297
ORIGINAL

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

PROCEDENCIA : MANANTIAL UMALSO - TIQUILLACA - PUNO

INTERESADOS : BERLY EDUARDO PONCE VILCA

MOTIVO : CALIDAD AGUA.

PROYECTO DE TESIS : CALIDAD DE AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE TIQUILLACA, PUNO - 2025

ANÁLISIS : FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

FECHA DE MUESTREO : 19/11/2025, por el interesado (*)

FECHA DE RECEP. : 19/11/2025

ANÁLISIS : 19/11/2025

CODIGO DE PAGO : B009-000885

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido

COLOR : Cristalino característico.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	M-2 MANANTIAL	METODO DE ANÁLISIS
Potencial de Hidrogeno	pH	7.16	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	µS/cm	126.20	Conductímetro
Temperatura	°C	16.20	Potenciómetro
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	72.03	Conductímetro
Dureza Total como CaCO ₃	mg/L	40.80	Volumétrico
Color	UCV /Pt-Co	< 5	APHA 2120 B
Cloruros como Cl ⁻	mg/L	14.20	Método Mohr
Turbiedad	NTU	0.49	APHA 2130 B
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	mg/L	13.10	Turbidimétrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	< 5	APHA Standard Methods 5220
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	< 5	APHA para DBO: 5210 - BOD
Nitritos NO ₂	mg/L	0.0056	Colorimétrico
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Totales	NMP/100ml	4	Número más probable
Escherichia coli (E. Coli)	NMP/100ml	< 1	Número más probable

Puno, C.U. 28 de noviembre del 2025
vºBº



ING. ELYONORA MORALES YUCRA
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA



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

* El LCC-FIQ no garantiza la procedencia ni la buena práctica de toma de la muestra ya que el interesado ingresa la muestra directamente al laboratorio.
Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1153, RESPONSABLE DEL LCC - FIQ – Cel.: 944019993

Anexo 04: Resultados de laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos en vivienda



Universidad Nacional del Altiplano
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD "LCC"



Nº 000298
ORIGINAL

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

PROCEDENCIA : MANANTIAL UMALSO - TIQUILLACA - PUNO
 INTERESADOS : BERLY EDUARDO PONCE VILCA
 MOTIVO : CALIDAD AGUA.
 PROYECTO DE TESIS : CALIDAD DE AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE TIQUILLACA, PUNO - 2025

ANÁLISIS : FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
 FECHA DE MUESTREO : 19/11/2025, por el interesado (*)
 FECHA DE RECEP. : 19/11/2025
 ANÁLISIS : 19/11/2025
 CODIGO DE PAGO : B009-000885

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS
 ASPECTO : Líquido
 COLOR : Cristalino característico.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	M-3 VIVIENDA 01	METODO DE ANÁLISIS
Potencial de Hidrogeno	pH	7.31	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	125.10	Conductímetro
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	16.20	Potenciómetro
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	71.20	Conductímetro
Dureza Total como CaCO_3	mg/L	40.60	Volumétrico
Turbiedad	NTU	1.01	APHA 2130 B
Cloruros como Cl	mg/L	20.34	Método Mohr
Color	UCV /Pt-Co	< 5	APHA 2120 B
Sulfatos como SO_4^{2-}	mg/L	13.15	Turbidimétrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	< 5	APHA Standard Methods 5220
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	< 5	APHA para DBO: 5210 - BOD
Nitritos NO_2	mg/L	0.0028	Colorimétrico
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Totales	NMP/100ml	7	Número más probable
Escherichia coli (E. Coli)	NMP/100ml	< 1	Número más probable

Puno, C.U. 28 de noviembre del 2025
vºBº



ING. SALOMÓN ROJAS YUCRA
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA



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

* El LCC-FIQ no garantiza la procedencia ni la buena práctica de toma de la muestra ya que el interesado ingresa la muestra directamente al laboratorio.
 Ciudad Universitaria Av. Floral Nº 1153, RESPONSABLE DEL LCC - FIQ - Cel.: 944019993

Anexo 05: Recopilación de datos en registro de campo en el reservorio

Ficha de Registro de Campo Toma de Muestras de Agua

1. Información General

- Fecha de muestreo: 19/11/2025
- Hora de muestreo: 09:30 am
- Nombre del responsable: B. Eduardo Ponce Vilca
- Institución/Organización: Universidad Privada San Carlos
- Ubicación del punto de muestreo:
 - Departamento: Puno
 - Provincia: Puno
 - Distrito: Tiquillaca
 - Coordenadas GPS: Lat 8253264 / Long 373139
 - Código del punto:

2. Condiciones Ambientales

- Clima: Soleado / Nublado / Lluvioso / Frio
- Temperatura ambiente (°C): 15°C Aprox.
- Observaciones del entorno: (Ej. presencia de residuos, actividad humana, vegetación)

3. Características del Cuerpo de Agua

- Tipo de cuerpo de agua: Río / Lago / Laguna / Pozo / Otro: Manantial - Reservorio
- Nombre del cuerpo de agua: Umalso - Reservorio
- Estado aparente del agua:
 - Color: Transparente / Turbio / Otro: Transparente
 - Olor: Sin olor / Olor fuerte / Otro: Sin olor
 - Presencia de sólidos flotantes: Sí / No
 - Presencia de fauna/flora acuática: Sí / No

4. Información de la Muestra

- Tipo de muestra: Superficial / Profunda / Sedimento / Otro: Reservorio
- Método de muestreo: Manual / Automático / Otro: Manual
- Cantidad recolectada (m/L): 1 Litro
- Número de muestra: 01
- Conservación: Refrigerada / Con preservante / Otro: Cooler
- Destino del análisis: Laboratorio / In situ / Otro: Laboratorio

5. Observaciones Adicionales

Reservorio ubicado en medio de actividades agropecuarias

Anexo 06: Recopilación de datos en registro de campo en el manantial

Ficha de Registro de Campo Toma de Muestras de Agua

1. Información General

- Fecha de muestreo: 19/11/2025
- Hora de muestreo: 10:00 am.
- Nombre del responsable: Belly Eduardo Ponce Vilca
- Institución/Organización: Universidad Privada San Carlos
- Ubicación del punto de muestreo:
 - Departamento: Puno
 - Provincia: Puno
 - Distrito: Tiquillaca
 - Coordenadas GPS: Lat 8254244 / Long 374981
 - Código del punto: _____

2. Condiciones Ambientales

- Clima: Soleado / ☁ Nublado / Lluvioso / Frío
- Temperatura ambiente (°C): 15°C Aprox.
- Observaciones del entorno: (Ej. presencia de residuos, actividad humana, vegetación)

3. Características del Cuerpo de Agua

- Tipo de cuerpo de agua: Río / Lago / Laguna / Pozo / Otro: Manantial
- Nombre del cuerpo de agua: Umalso
- Estado aparente del agua:
 - Color: Transparente / Turbio / Otro: Transparente
 - Olor: Sin olor / Olor fuerte / Otro: Sin olor
 - Presencia de sólidos flotantes: Sí / No
 - Presencia de fauna/flora acuática: Sí / No

4. Información de la Muestra

- Tipo de muestra: Superficial / Profunda / Sedimento / Otro: Manantial
- Método de muestreo: Manual / Automático / Otro: Manual
- Cantidad recolectada (m/L): 1 Litro
- Número de muestra: 02
- Conservación: Refrigerada / Con preservante / Otro: Cooler
- Destino del análisis: Laboratorio / In situ / Otro: Laboratorio

5. Observaciones Adicionales

Manantial con bastante vegetación alrededor

Anexo 07: Recopilación de datos en registro de campo en una vivienda

Ficha de Registro de Campo Toma de Muestras de Agua

1. Información General

- Fecha de muestreo: 19/11/2025
- Hora de muestreo: 08:40 am.
- Nombre del responsable: Berly Eduardo Ponce Vilca
- Institución/Organización: Universidad Privada San Carlos - Puno
- Ubicación del punto de muestreo:
 - Departamento: Puno
 - Provincia: Puno
 - Distrito: Tiquillaca
 - Coordenadas GPS: Lat 8253 144 / Long 372813
 - Código del punto:

2. Condiciones Ambientales

- Clima: Soleado / ☁ Nublado / Lluvioso / Frío
- Temperatura ambiente (°C): 15°C Aprox.
- Observaciones del entorno: (Ej. presencia de residuos, actividad humana, vegetación)

3. Características del Cuerpo de Agua

- Tipo de cuerpo de agua: Río / Lago / Laguna / Pozo / Otro: Manantial - Pileta
- Nombre del cuerpo de agua: Manantial Umalzo (vivienda)
- Estado aparente del agua:
 - Color: Transparente / Turbio / Otro: Transparente
 - Olor: Sin olor / Olor fuerte / Otro: Sin olor
 - Presencia de sólidos flotantes: Sí / No
 - Presencia de fauna/flora acuática: Sí / No

4. Información de la Muestra

- Tipo de muestra: Superficial / Profunda / Sedimento / Otro: Pileta - Vivienda
- Método de muestreo: Manual / Automático / Otro: Manual
- Cantidad recolectada (ml/L): 1 Litro
- Número de muestra: 03
- Conservación: Refrigerada / Con preservante / Otro: Almacenamiento Cooler.
- Destino del análisis: Laboratorio / In situ / Otro: Laboratorio

5. Observaciones Adicionales

Muestra - Pileta, presencia de vegetación.

Anexo 08: Registro de campo de ubicación de puntos de monitoreo

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO					
UBICACIÓN DEL LUGAR DE MONITOREO:					
DISTRITO: TIQUILLACA			PROVINCIA: PUNO		
PUNTOS DE MONITOREO:					
PUNTO	UBICACIÓN	DISTRITO	PROVINCIA	COORDENADAS UTM	ZONIFICACIÓN SEGÚN (ECA).
01	VIVIENDA	TIQUILLACA	PUNO	X: 0372813 Y: 8253144	CATEGORÍA 1
02	RESERVORIO	TIQUILLACA	PUNO	X: 0373139 Y: 8253261	CATEGORÍA 1
03	MANANTIAL	TIQUILLACA	PUNO	X: 0374981 Y: 8254243	CATEGORÍA 1

Fuente: (MINAM 2013)

Anexo 09: Estándar de Calidad Ambiental, Categoría 1
Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FISICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	Nº Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	Nº Organismo/L	0	$<5 \times 10^6$	$<5 \times 10^6$

Fuente: D.S. 004-2017-MINAM

Anexo 10: Toma de muestra y almacenamiento en una vivienda



Anexo 11: Uso del GPS para determinar las coordenadas UTM



Anexo 12: Toma de muestra y almacenamiento en el reservorio



Anexo 13: Uso del GPS para determinar las coordenadas UTM



Anexo 14: Toma de muestra y almacenamiento en el manantial



Anexo 15: Uso del GPS para determinar las coordenadas UTM



Anexo 16: Desarrollo de ficha de registro de datos



Anexo 17: Muestras tomadas y etiquetadas



Anexo 18: Traslado de muestras dentro de un cooler

