

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE TAJQUINA

EN EL DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO 2025

PRESENTADA POR:

BRYAN JORDY HALLASI GÓMEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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



4.67%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 21 DEC 2025, 8:37 PM

Originality & Authorship Report

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

IDENTICAL 0.86% **CHANGED TEXT** 3.81%

Report #30776701

BRYAN JORDY HALLASI GÓMEZ // CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE TAJQUINA EN EL DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO 2025 RESUMEN El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo, ubicados en la comunidad de Tajquina, distrito de Chucuito, Puno (2025), con el fin de determinar su aptitud para el consumo humano de acuerdo con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. Para ello, se aplicó un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de corte transversal, recolectando muestras de agua mediante protocolos estandarizados que aseguraron la integridad y cadena de frío del recurso. Posteriormente, las muestras fueron analizadas en un laboratorio acreditado para determinar sus características organolépticas, químicas y microbiológicas. Los resultados físico-químicos y organolépticos evidenciaron una calidad excelente: ambos manantiales registraron niveles de turbiedad mínimos (< 1 NTU) y una conductividad eléctrica baja ($200.1 \mu\text{S}/\text{cm}$ y $145.2 \mu\text{S}/\text{cm}$), indicando una mineralización ligera. Asimismo, parámetros críticos como pH, cloruros, sulfatos, dureza total y nitratos se mantuvieron holgadamente dentro de los rangos normativos, a excepción de una ligera tendencia alcalina en Jintilani Phujo (pH 8.1–8.7), que no compromete su potabilidad. En cuanto a la evaluación microbiológica, se determinó la ausencia total (0 UFC/100 mL) de coliformes totales y termotolerantes en todas las muestras

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

CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE TAJQUINA
EN EL DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO 2025

PRESENTADA POR:

BRYAN JORDY HALLASI GÓMEZ

PARA OPTAR 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

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental.

Lineas de Investigacion: Ciencias Ambientales

Puno, 29 de diciembre del 2025.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, en primer lugar, al Creador por otorgarme la salud y la guía necesaria para superar cada desafío, siendo el soporte espiritual que iluminó mi camino en los momentos de mayor incertidumbre. A mi madre, le ofrezco este fruto de mi esfuerzo como un tributo a su amor incondicional, sus sacrificios y sus sabias enseñanzas, que han sido el motor fundamental de mi formación humana y profesional, Finalmente dedico este éxito a mi hermano y ha toda mi familia, cuyo apoyo constante y afecto sincero me impulsaron a perseverar hasta alcanzar esta importante meta en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profunda gratitud a la Universidad Privada San Carlos por proporcionarme el entorno académico y las herramientas institucionales indispensables para consolidar mi formación como Ingeniero Ambiental. Asimismo, extendiendo este reconocimiento a los docentes de la Facultad de Ingenierías, cuyas enseñanzas y rigor científico fueron determinantes para fortalecer los pilares de este estudio.

Un agradecimiento especial a mi asesor de tesis, el Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, por su constante guía, generosidad académica y por el tiempo dedicado a orientar con éxito el desarrollo de esta investigación. De igual manera, agradezco a los miembros del jurado, la Dra. Marlene Cusi Montesinos, la Dra. Celia Verenisse Ortiz de Orue Rojas y la M.Sc. Korina Asqui Gomez, por sus valiosas observaciones y por la revisión experta que permitió elevar la calidad técnica de este informe final.

Finalmente, agradezco a todas las instituciones y personas que facilitaron el acceso a la información y el apoyo logístico necesario para la toma de muestras en la comunidad de Tajquina, permitiendo que este diagnóstico sobre la calidad del agua sea hoy una realidad en beneficio de la salud pública local.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPÈCIFICOS	16
1.2. ANTECEDENTES	16
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	16
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	18
1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	23
2.1.1. MANANTIALES	23

2.1.2. CALIDAD DE AGUA	23
2.1.3. AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO	24
2.1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	24
2.1.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA POTABLE	30
2.2. MARCO CONCEPTUAL	30
2.3. MARCO NORMATIVO	33
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	34
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	34
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	34
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1 ZONA DE ESTUDIO	35
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	36
3.2.1. MUESTRA	36
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	38
3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA	38
3.3.2. MÉTODOS DE LABORATORIO	39
3.3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO	40
3.3.4. MATERIALES	41
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	42
CAPÍTULO IV	
EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE TAJQUINA EN EL DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO 2025	43
4.1.1. CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS MANANTIALES ISCA PHUJO PLATJA Y JINTILANI PHUJO RESPECTO A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	

(LMP)	43
4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE TAJQUINA, DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO 2025	49
4.2.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLOR	49
4.2.2. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO TURBIEDAD	50
4.2.3. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	52
4.2.4. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO PH	54
4.2.5. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CLORUROS	55
4.2.6. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SULFATOS	56
4.2.7. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DUREZA TOTAL	57
4.2.8. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	59
4.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS	64
4.3.1. CONTRASTE DE HIPÓTESIS GENERAL	64
4.3.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	65
4.3.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	66
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Límites Máximos Permisibles(LMP)	30
Tabla 02: Coordenadas para las muestras de agua	37
Tabla 03: Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua potable	40
Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación	42
Tabla 05: Concentración de los parámetros fisicoquímicos por repetición y media de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo	44
Tabla 06: Concentración de los parámetros microbiológicos por repetición y media de los Manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo.	45
Tabla 07: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Isca Phujo Platja con los LMP D.S N°031- 2010.	46
Tabla 08: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Jintilani Phujo con los LMP D.S N°031- 2010.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Localización de la zona objeto de análisis	36
Figura 02: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.	37
Figura 03: Valor del color del agua de los manantiales centro poblado de Tajquina.	50
Figura 04: Valor de la turbiedad del agua de los manantiales centro poblado de Tajquina.	51
Figura 05: Valor de conductividad del agua de los manantiales del centro poblado de Tajquina.	53
Figura 06: Valor del pH del agua de los Manantiales centro poblado de Tajquina.	54
Figura 07: Valor de Cloruros del agua de los manantiales del centro poblado de Tajquina.	55
Figura 08: Concentración de sulfatos del centro poblado de Tajquina.	57
Figura 09: Valor medio de la Dureza Total del agua de los manantiales del centro poblado de Tajquina.	58
Figura 10: Valor medio de sólidos totales disueltos del agua de los manantiales de la centro poblado de Tajquina.	60
Figura 11: Concentración de coliformes totales en manantiales del centro poblado de Tajquina.	62
Figura 12: Concentración de coliformes termotolerantes de los manantiales del centro poblado de Tajquina.	63
Figura 13: Toma de muestras del punto de captación del manantial de Tajquina.	92
Figura 14: Toma de la última muestra de los manantiales de Tajquina.	92
Figura 15: Toma de muestras del punto de captación manantial de Tajquina	93
Figura 16: Conservación de las muestras tomadas del manantial de Tajquina.	93
Figura 17: Conservación de las muestras tomadas del manantial de Tajquina.	94
Figura 18: Muestras tomadas para el análisis de los parámetros microbiológicos al laboratorio.	94

Figura 19: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del centro poblado de Tajquina.	95
Figura 20: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del centro poblado de Tajquina.	96
Figura 21: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del centro poblado de Tajquina.	97
Figura 22: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del manantial del centro poblado de Tajquina.	98
Figura 23: Certificado de análisis de los parámetros microbiológicos de las muestras de del centro poblado de Tajquina.	99
Figura 24: Certificado de análisis de los parámetros Microbiológicos de las muestras del centro poblado de Tajquina.	100

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	76
Anexo 02: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. N°031-2010-SA.	78
Anexo 03: Manual ASTM D 4448:2001MJ	90
Anexo 04: Panel fotográfico	92
Anexo 05: Resultado de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos del centro poblado de Tajquina.	95

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo, ubicados en la comunidad de Tajquina, distrito de Chucuito, Puno (2025), con el fin de determinar su aptitud para el consumo humano de acuerdo con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. Para ello, se aplicó un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de corte transversal, recolectando muestras de agua mediante protocolos estandarizados que aseguraron la integridad y cadena de frío del recurso. Posteriormente, las muestras fueron analizadas en un laboratorio acreditado para determinar sus características organolépticas, químicas y microbiológicas. Los resultados físico-químicos y organolépticos evidenciaron una calidad excelente: ambos manantiales registraron niveles de turbiedad mínimos (< 1 NTU) y una conductividad eléctrica baja ($200.1 \mu\text{S/cm}$ y $145.2 \mu\text{S/cm}$), indicando una mineralización ligera. Asimismo, parámetros críticos como pH, cloruros, sulfatos, dureza total y nitratos se mantuvieron holgadamente dentro de los rangos normativos, a excepción de una ligera tendencia alcalina en Jintilani Phujo (pH 8.1–8.7), que no compromete su potabilidad. En cuanto a la evaluación microbiológica, se determinó la ausencia total (0 UFC/100 mL) de coliformes totales y termotolerantes en todas las muestras analizadas. En conclusión, el agua de los manantiales de Tajquina es apta y segura para el consumo humano en su estado natural, al cumplir rigurosamente con todos los estándares de inocuidad física, química y bacteriológica exigidos por la legislación peruana vigente.

Palabras clave: Calidad, Físicoquímicos, Manantial, Microbiológicos, Seguridad del agua.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the water quality of the Isca Phujo Platja and Jintilani Phujo springs, located in the community of Tajquina, Chucuito District, Puno (2025), in order to determine their suitability for human consumption in accordance with the Maximum Permissible Limits (MPL) established in Supreme Decree No. 031-2010-SA. To this end, a quantitative approach and a non-experimental cross-sectional design were applied, with water samples collected using standardized protocols that ensured sample integrity and maintenance of the cold chain. Subsequently, the samples were analyzed in an accredited laboratory to determine their organoleptic, chemical, and microbiological characteristics. The physicochemical and organoleptic results demonstrated excellent water quality: both springs recorded minimal turbidity levels (< 1 NTU) and low electrical conductivity (200.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 145.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$), indicating slight mineralization. Likewise, critical parameters such as pH, chlorides, sulfates, total hardness, and nitrates remained well within regulatory limits, except for a slight alkaline tendency in Jintilani Phujo (pH 8.1–8.7), which does not compromise its potability. Regarding microbiological evaluation, a total absence (0 CFU/100 mL) of total and thermotolerant coliforms was determined in all analyzed samples. In conclusion, the water from the Tajquina springs is suitable and safe for human consumption in its natural state, as it strictly complies with all physical, chemical, and bacteriological safety standards required by current Peruvian legislation.

Keywords: Quality, Spring, Physicochemical, Microbiological, Water safety.

INTRODUCCIÓN

El estudio sobre la calidad del agua de los manantiales de la comunidad de Tajquina, distrito de Chucuito, Puno, se estructura en cuatro capítulos diseñados de manera lógica y secuencial para cumplir con los objetivos de la investigación:

Capítulo I: Se expone el del problema, describiendo el contexto local y la importancia del recurso hídrico en la zona. Se incluyen los antecedentes de investigación a nivel internacional, nacional y local, lo que permite fundamentar la justificación y delimitar los objetivos generales y específicos del estudio.

Capítulo II: Se establece el marco teórico, donde se desarrollan las bases conceptuales sobre la calidad del agua, parámetros físicos, químicos y microbiológicos, así como el marco legal basado en los Límites Máximos Permisibles (LMP). Asimismo, se definen las variables y se formulan las hipótesis de la investigación.

Capítulo III: Se detalla la metodología aplicada, especificando que el estudio es de tipo cuantitativo y diseño no experimental. Se describe el área de estudio en la comunidad de Tajquina, las técnicas de recolección de muestras de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo, y los métodos analíticos empleados en laboratorio.

Capítulo IV: Se presentan de manera detallada los resultados obtenidos del análisis de laboratorio, seguidos de una discusión exhaustiva que contrasta los hallazgos con la normativa peruana vigente y con investigaciones previas.

Finalmente, el documento presenta las conclusiones que validan la aptitud del agua para el consumo humano y las recomendaciones orientadas a la preservación y monitoreo constante de estas fuentes naturales en beneficio de la comunidad de Tajquina.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, la calidad del agua se ha convertido en un tema de gran relevancia debido a su papel fundamental en la salud pública, la producción agrícola, las actividades industriales y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. La contaminación hídrica representa un desafío global que perjudica tanto a la biodiversidad como al bienestar de las comunidades humanas (Moss, 2024)

El núcleo del problema se encuentra en la contaminación de ríos, cuencas y microcuencas, muchas veces consecuencia de descargas y procesos industriales vinculados a actividades productivas en los que no se consideran medidas adecuadas de control de vertidos. Esto provoca el deterioro de la calidad del agua y pone en riesgo la salud humana, los ecosistemas acuáticos y las actividades socioeconómicas locales. Ejemplos concretos documentados son la grave contaminación del río Tietê en Brasil y los problemas de calidad del agua que afectan al río Babahoyo en Ecuador (Urbanski, 2024).

El Perú enfrenta grandes retos en la gestión sostenible y protección de sus recursos hídricos. La limitada aplicación de políticas ambientales, junto con la insuficiente infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, ha generado una creciente contaminación en lagos, ríos y cuencas del país. Ejemplos representativos son los casos del río Mantaro en Junín, el río Vilcanota en Cusco y el río Chillón en Lima, donde se registran elevados niveles de contaminación que afectan directamente la salud de la

población y los ecosistemas acuáticos. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Ministerio de Salud del Perú, más de diez millones de personas —equivalentes al 31% de la población nacional— están expuestas a metales pesados y otras sustancias tóxicas presentes en las microcuencas, lo que representa una amenaza grave para la salud pública actual y futura (Chira, 2024).

En el Perú persisten notorias brechas en el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento, particularmente en las zonas rurales. Aunque catorce de los veinticuatro departamentos concentran al 91% de la población con conexión a redes públicas de agua, aún se estima que más de 8 millones de personas carecen de alcantarillado y cerca de 3 millones no cuentan con acceso seguro al agua potable. La pandemia de la COVID-19 evidenció la importancia crítica de estos servicios básicos, especialmente en los asentamientos humanos informales donde las condiciones de salubridad son precarias. Las disparidades entre las áreas urbanas y rurales siguen siendo marcadas: mientras que solo el 4,7% de la población urbana no dispone de conexión a redes de agua, en el ámbito rural esta cifra asciende al 25,3%. En materia de saneamiento, la desigualdad es aún mayor, ya que únicamente el 17% de la población rural dispone de alcantarillado frente al 89% en las ciudades. A pesar de los avances logrados durante la última década, el país aún se encuentra lejos de cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con el acceso universal al agua y al saneamiento. En respuesta a esta problemática, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) ha destinado importantes inversiones en proyectos orientados a mejorar la cobertura y calidad de estos servicios en ámbitos urbanos y rurales (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), 2024).

El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), elaboró un informe exhaustivo sobre la calidad del agua superficial en 91 localidades pertenecientes a distintas zonas hidrográficas del departamento de Puno. La información fue recopilada entre los años 2011 y 2020, en base a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad

de los Cuerpos Naturales de Agua. Como ente rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos (SNGRH), la ANA cumple un papel esencial en la conservación, supervisión y gestión integral de los recursos hídricos a nivel nacional, garantizando la sostenibilidad y protección del recurso agua en el país (Sinia, 2023).

Ante los reportes de presencia de agua con turbidez en el distrito de Paratia, provincia de Puno, el Ministerio de Salud (MINSa), a través de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) y en coordinación con la Dirección Regional de Salud (DIRESA) Puno, llevó a cabo un monitoreo de la calidad del agua para consumo humano. Las inspecciones determinaron que el sistema de abastecimiento no presentaba afectaciones estructurales; sin embargo, se efectuó la recolección de muestras para su análisis fisicoquímico y microbiológico, con el propósito de garantizar la inocuidad del recurso hídrico destinado a la población local

(Ibañez, 2018)

En la comunidad de Tajquina, el abastecimiento de agua proviene de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo ubicados en el cerro Kakapunku. Sin embargo, los sistemas de captación y distribución se encuentran en condiciones de abandono, sin mantenimiento ni supervisión constante. Además, no existe un programa adecuado de monitoreo, inspección y control de la calidad del agua destinada al consumo humano. Ante esta situación, resulta fundamental evaluar los parámetros Organolépticos, químicos y microbiológicos del recurso hídrico, con el propósito de salvaguardar la salud de los habitantes y promover la implementación de un sistema de abastecimiento que garantice el acceso a agua segura y apta para el consumo.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la calidad del agua de manantiales en la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025 de acuerdo a los límites máximos permisibles?

1.1.2. PROBLEMAS ESPÈCIFICOS

- ¿Qué parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales en la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?
- ¿Qué parámetros químicos de las aguas de los manantiales en la comunidad de Tajquina en el distrito de chucuito, Puno 2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?
- ¿Qué parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales en la comunidad de Tajquina en el distrito de chucuito, Puno 2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Munishi (2024), estudio se tituló “Calidad del agua doméstica y de riego en las laderas meridionales del monte Kilimanjaro”, y su objetivo fue evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano y riego, en los manantiales, arroyos y aguas superficiales ubicadas en las laderas sur del Mount Kilimanjaro (Tanzania). Durante un muestreo puntual realizado en febrero de 2023, se recolectaron 51 muestras provenientes de ocho tipos de fuentes de agua (aguas superficiales naturales y antropizadas, manantiales, aguas pluviales, aguas subterráneas y canales de riego). Se analizaron parámetros físicos, químicos y biológicos, y se compararon con los requerimientos nacionales e internacionales para agua potable y riego. Los resultados destacaron que la calidad del agua de consumo estaba comprometida por la presencia generalizada de *Escherichia coli*, lo cual indica contaminación fecal. En cuanto al agua de riego, la calidad fue generalmente aceptable, aunque se identificaron excesos de sodio y magnesio en ciertas zonas centrales y orientales del área de estudio. Este trabajo resalta la importancia de monitorear continuamente los manantiales y fuentes de montaña para asegurar la potabilidad y la aptitud para riego.

Romero (2024), en su estudio titulado “Calidad del Agua” desarrollado en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, presenta un análisis integral de los factores físicos, químicos y biológicos que determinan la calidad del agua destinada al consumo humano y al uso agrícola. El autor destaca la importancia del control sistemático de parámetros como el pH, la turbidez, la conductividad eléctrica, los sólidos disueltos totales, los nitratos y los coliformes fecales, como indicadores esenciales para evaluar la potabilidad y la aptitud del recurso hídrico. El estudio resalta que una de las principales problemáticas detectadas a nivel internacional es la contaminación de las fuentes naturales por descargas domésticas e industriales, lo que genera un deterioro progresivo en la calidad del agua y pone en riesgo la salud pública. Además, el autor subraya que el cumplimiento de normas internacionales como las de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es fundamental para garantizar la seguridad sanitaria del agua. Entre los resultados más relevantes, Romero Rojas evidencia que en diversas regiones latinoamericanas el 60 % de las fuentes superficiales no cumplen con los estándares microbiológicos mínimos, lo cual refleja la falta de gestión en los sistemas de monitoreo y tratamiento. Asimismo, propone fortalecer las políticas públicas de gestión hídrica mediante programas de educación ambiental y planes de tratamiento adaptados a las condiciones locales.

Arango (2024), en su investigación titulada “Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, fuentes de abastecimiento del acueducto del municipio de San Luis (Antioquia)”, evaluó la calidad del agua de ambas quebradas mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos en diferentes puntos de muestreo, considerando parámetros como pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), sólidos suspendidos, coliformes totales y fecales. Los resultados mostraron que los coliformes fecales superaban los límites permitidos para consumo humano, indicando contaminación microbiológica; además, los valores de DBO_5 y sólidos suspendidos se incrementaban en las zonas bajas, reflejando el impacto de actividades humanas cercanas. En general, el agua presentó una calidad aceptable en parámetros físicos y químicos, pero deficiente en

el aspecto microbiológico, concluyendo que es indispensable implementar programas de monitoreo.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Gamboa (2024), en su tesis titulada “Calidad microbiana de las fuentes de agua de mayor consumo humano de la población del Cercado de Lima – Perú” (2024) tuvo como propósito evaluar el nivel de contaminación microbiológica del agua proveniente de las principales fuentes de abastecimiento utilizadas por los habitantes del Cercado de Lima. La investigación se centró en identificar la presencia de microorganismos patógenos, principalmente coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, mediante un muestreo representativo en diferentes puntos de distribución y almacenamiento. Los resultados evidenciaron que una proporción significativa de las muestras no cumplía con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana (D.S. N° 031-2010-SA), indicando contaminación de origen fecal en diversas fuentes analizadas. Asimismo, se observó que los niveles de contaminación se incrementaban en los puntos de almacenamiento doméstico, lo que revela deficiencias en el manejo y desinfección del agua a nivel domiciliario. En conclusión, el estudio resalta la necesidad de implementar estrategias de control sanitario, educación ambiental y programas de monitoreo continuo, con el fin de garantizar un suministro de agua segura para la población.

Chuquiruna (2024), en su investigación titulada “Determinación de la calidad de agua para consumo humano en las fuentes de captación de seis localidades del distrito de La Encañada – Cajamarca”, cuyo objetivo fue evaluar la calidad del agua en siete fuentes de captación pertenecientes a seis localidades del distrito de La Encañada, Región Cajamarca, utilizando para ello el índice de calidad de agua ICA-PE de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de Perú, y comparando además los análisis realizados en 2017 con los de 2022. Los resultados mostraron que seis de las siete fuentes obtuvieron una calidad excelente, mientras que una fuente (Huacaloma) presentó una calidad regular, y se demostró que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los análisis de 2017 y los de 2022 para las seis fuentes con calidad excelente. Este estudio

resalta que, aunque la mayoría de las fuentes se mantienen en buen estado, persisten fuentes con menor calidad y que la vigilancia continua es esencial para garantizar agua segura para consumo humano.

Guillen y Torres (2023), realizaron la investigación titulada “Determinación y Monitoreo de Arsénico en Agua Potable de Fuentes Superficiales y de Manantial, Provistas por SEDAPAR – Arequipa”, cuyo objetivo fue evaluar las concentraciones de arsénico en fuentes superficiales y de manantial suministradas por la empresa SEDAPAR S.A. en la región Arequipa, mediante análisis por espectroscopía de absorción atómica y comparando las mediciones con los límites regulatorios nacionales. Los resultados revelaron que en varias de las muestras analizadas los niveles de arsénico superaron los límites permisibles para agua destinada al consumo humano, implicando un riesgo sanitario latente; también se observó variabilidad por distrito respecto a la calidad del agua y se identificaron áreas donde la contaminación natural del medio geológico contribuye al aporte elevado de dicho elemento. Este estudio resalta la necesidad de implementar un programa de monitoreo continuo del arsénico, así como acciones de tratamiento específicas y gestión de captaciones para asegurar un suministro de agua potable seguro para la población de Arequipa.

1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL

Tique (2025), en su investigación tuvo como propósito evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano y analizar el nivel de satisfacción de los habitantes del sector Barco, distrito de Chucuito, en el año 2025. El estudio se enmarcó en un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de tipo descriptivo transeccional y un alcance. Para ello, se efectuó un monitoreo ambiental en tres puntos de muestreo: Ojo de agua (M1), Reservorio (M2) y Pileta (M3). Asimismo, se aplicó un cuestionario estructurado para determinar el grado de satisfacción de la población. Los resultados mostraron que los parámetros fisicoquímicos—color (incoloro, escala UCV Pt/Co), conductividad (91.05, 87.08 y 82.49 $\mu\text{mho/cm}$), pH (6.50, 6.92 y 7.08), cloruros (6.50, 6.92 y 7.08 mg Cl/L), dureza total (33.60, 81.60 y 67.20 mg CaCO_3/L) y sólidos totales disueltos (20.67, 12.77 y

23.11 mg/L)—cumplen con los límites establecidos por el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Sin embargo, el parámetro de sulfatos (396.00, 399.60 y 400.00 mg SO₄/L) excedió el valor máximo permisible de 250 mg/L, evidenciando una posible alteración en la composición química del recurso. En cuanto a la calidad microbiológica, no se detectó presencia de coliformes totales (0 UFC/100 mL a 35 °C), lo que confirma la inocuidad sanitaria del agua. En relación con la percepción ciudadana, se observó que el 61.7 % de los encuestados calificó la calidad del agua como regular, el 28.3 % como buena y solo el 10 % expresó una baja satisfacción. En conclusión, el estudio demuestra que la calidad del agua incide directamente en el nivel de satisfacción de la población, destacando la necesidad de mantener un monitoreo constante para garantizar un suministro seguro y confiable.

Ordoño (2025), en su investigación titulada “Calidad del agua del sistema de abastecimiento de la comunidad Molloco del distrito de Acora, Puno – 2025” tuvo como objetivo principal evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en dicha comunidad, considerando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en distintos puntos del sistema de abastecimiento. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, descriptivo y transversal, y un alcance correlacional, permitiendo analizar la relación entre la calidad del agua y las condiciones del sistema de distribución. Se realizaron muestreos en tres puntos estratégicos: captación, reservorio y punto de consumo, aplicando los procedimientos establecidos en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua. Los resultados evidenciaron que parámetros como pH, conductividad eléctrica, cloruros, dureza total y sólidos disueltos totales se encontraron dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. No obstante, se identificó una superación en los valores de turbidez y color aparente, lo que sugiere deficiencias en los procesos de potabilización y mantenimiento del sistema. En cuanto a los análisis microbiológicos, se detectó la presencia de coliformes totales y termotolerantes en algunos puntos de muestreo, indicando un riesgo potencial para la salud de la población. Estos hallazgos reflejan la

necesidad urgente de implementar medidas correctivas, como la cloración continua del agua, mantenimiento periódico de las infraestructuras y un programa de monitoreo regular, con el fin de asegurar un suministro de agua segura y apta para el consumo humano en la comunidad de Molloco.

Aguilar (2025) en su investigación titulada “Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas del río llave destinada al consumo humano” tuvo como finalidad determinar la calidad del agua utilizada por las poblaciones cercanas al río llave, considerando su importancia como fuente principal de abastecimiento. El estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, descriptivo y transversal, orientado a identificar el grado de cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa peruana (D.S. N.º 031-2010-SA). Se efectuaron muestreos en diferentes puntos del cauce del río, tanto en zonas altas como bajas, analizando parámetros como pH, conductividad eléctrica, turbidez, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, DBO₅, coliformes totales y termotolerantes. Los resultados evidenciaron que los valores de pH (6.8 – 7.4), conductividad (125 – 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y oxígeno disuelto (5.6 – 7.1 mg/L) se mantienen dentro de los rangos permitidos, mientras que turbidez (18.5 – 45.2 NTU), DBO₅ (7.3 – 11.2 mg/L) y coliformes termotolerantes (350 – 1100 NMP/100 mL) superan los límites establecidos, reflejando un nivel de contaminación moderado a alto. Estas alteraciones se atribuyen principalmente al vertimiento de aguas residuales domésticas y agrícolas, así como a la falta de tratamiento previo del agua antes de su consumo. En conclusión, el estudio demuestra que el agua del río llave no cumple con los estándares de calidad para consumo humano, representando un riesgo sanitario para la población local y evidenciando la necesidad de implementar programas de monitoreo continuo y tratamiento eficiente para garantizar la seguridad del recurso hídrico.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad del agua de los manantiales de la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales de la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN°031-2010-SA.
- Determinar la concentración de los parámetros químicos de las aguas de los manantiales de la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN °031-2010-SA.
- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales de la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN°031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. MANANTIALES

Los manantiales representan los puntos de descarga natural del sistema hidrogeológico, en los cuales el agua subterránea asciende debido a la interacción entre la permeabilidad de las rocas, el gradiente hidráulico y las condiciones climáticas de la zona. Este fenómeno convierte a los manantiales en componentes esenciales del ciclo hidrológico y en indicadores del estado ambiental de un ecosistema (Alvarez, 2025).

2.1.2. CALIDAD DE AGUA

El agua de buena calidad es esencial para la vida y el bienestar de las poblaciones, así como para el desarrollo sostenible. Sin embargo, diversos factores naturales y antrópicos pueden alterar sus características. Entre los factores naturales destacan la geología del terreno, las precipitaciones, el tipo de suelo y la vegetación circundante. En cambio, las actividades humanas como la agricultura intensiva, la minería, la descarga de aguas residuales y el inadecuado manejo de residuos sólidos suelen ser las principales fuentes de contaminación. Los parámetros fisicoquímicos permiten evaluar la composición del agua y detectar posibles alteraciones. Entre los más comunes se encuentran el pH, la turbidez, la conductividad eléctrica, la dureza, los sólidos disueltos totales, así como los iones de cloruros, sulfatos y nitratos. Cada uno de estos parámetros ofrece información relevante sobre la presencia de sales minerales, materia orgánica o contaminantes que puedan afectar la potabilidad del recurso (Dongo, 2025).

2.1.3. AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO

El agua destinada al consumo humano es aquella que se utiliza para beber, preparar alimentos, realizar tareas domésticas y mantener la higiene personal, por lo que su calidad es un factor determinante para la salud pública. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), el agua potable debe estar libre de microorganismos, sustancias químicas y radionúclidos que representen un riesgo para la salud a corto o largo plazo. El acceso a agua segura es un derecho fundamental reconocido por las Naciones Unidas, pues constituye un recurso esencial para la vida, el desarrollo social y económico de las comunidades. Sin embargo, en muchas regiones, las fuentes de abastecimiento —como ríos, manantiales, pozos o reservorios— se encuentran expuestas a contaminación por causas naturales o actividades humanas. Entre las principales fuentes de contaminación se incluyen los desechos domésticos, la agricultura intensiva, la ganadería, la minería y la descarga de aguas residuales sin tratamiento (Vizcarra, 2024).

2.1.4. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

El análisis de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua constituye un aspecto esencial para determinar su calidad y aptitud para el consumo humano. Estas propiedades permiten identificar tanto las condiciones naturales del recurso hídrico como los posibles procesos de contaminación a los que ha estado expuesto.

Las características fisicoquímicas del agua están relacionadas con los componentes y condiciones que influyen en su apariencia, sabor y composición mineral. Entre los parámetros más comunes se encuentran el color, olor, sabor, turbidez, temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, dureza, cloruros, sulfatos y nitratos. Estos indicadores permiten evaluar la presencia de sustancias disueltas, partículas en suspensión y elementos químicos naturales o antropogénicos. Por ejemplo, la turbidez elevada puede deberse a partículas coloidales o materiales orgánicos, mientras que una conductividad alta indica una concentración significativa de sales minerales disueltas (Chirinos, 2024).

2.1.4.1 Parámetros Físicos

a. Color

La coloración del agua se origina por la presencia de sustancias disueltas y partículas en suspensión que modifican su apariencia. Esta puede deberse a causas naturales, como la descomposición de materia orgánica o la presencia de minerales ferrosos, así como a actividades antrópicas, entre ellas los vertimientos industriales o agrícolas. Las variaciones cromáticas que van desde tonos claros hasta verdosos, marrones o rojizos constituyen un indicador visual relevante del contenido químico y del estado ecológico del recurso. Por ello, el color representa un parámetro esencial en la evaluación de la calidad del agua destinada al consumo humano (karls, 2024).

b. Turbidez

La turbidez del agua constituye un indicador clave de la presencia de partículas suspendidas que reducen su transparencia y claridad. Este fenómeno puede generarse por causas naturales, como la erosión del suelo o la descomposición de materia orgánica, así como por la influencia de fuentes contaminantes. Su medición se expresa en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), y de acuerdo con los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el límite recomendado para agua destinada al consumo humano es inferior a 5 NTU. Niveles superiores no solo evidencian posibles riesgos sanitarios, sino que también disminuyen la eficacia de los procesos de desinfección, ya que las partículas pueden proteger a los microorganismos presentes. Por ello, el control de este parámetro resulta esencial para garantizar un suministro de agua segura y apta para el consumo (Hanna, 2024).

c. Conductividad

La conductividad eléctrica del agua representa la medida de su capacidad para conducir corriente eléctrica, determinada por la presencia y concentración de sales disueltas en forma de iones (cationes y aniones). Este parámetro refleja el grado de mineralización del agua, es decir, la cantidad de sustancias inorgánicas disueltas que contribuyen a su conductividad. No obstante, la conductividad eléctrica no guarda una relación directa con

otros indicadores de calidad, ya que únicamente evalúa la concentración iónica sin considerar aspectos microbiológicos o de contaminación orgánica. Su monitoreo resulta esencial para caracterizar la composición química del recurso y evaluar posibles alteraciones derivadas de actividades naturales o antrópicas (Cornejo, 2015).

d. Sólidos Totales Disueltos

Los sólidos suspendidos en el agua provienen, en su mayoría, de los procesos de erosión del suelo y están compuestos por partículas de tamaño microscópico que permanecen dispersas en la columna de agua. Estas partículas alteran las propiedades organolépticas del recurso hídrico, afectando su color y transparencia, además de favorecer el crecimiento de organismos como el plancton. La presencia excesiva de sólidos suspendidos puede generar impactos negativos en la salud humana y en la calidad general del agua, reduciendo su aptitud para el consumo y otros usos domésticos (Juarez, 2024).

2.1.4.2 Parámetros Químicos

a. Potencial hidrógeno (pH)

El pH del agua representa el equilibrio iónico de la solución y depende directamente de la concentración de iones hidrógeno (H^+) presentes. Este parámetro fundamental, cuyo rango teórico varía de 0 (medio fuertemente ácido) a 14 (medio fuertemente alcalino), adopta un valor neutro de 7 en el caso del agua pura. Las desviaciones significativas del rango neutro, especialmente valores inferiores a 4.4 o superiores a 9.6, pueden indicar procesos de contaminación de origen antropogénico o natural. Por su sensibilidad, el pH debe ser evaluado in situ para evitar alteraciones derivadas de la exposición o el almacenamiento de la muestra. Tanto la acidez titulable ($pH < 7$) como la alcalinidad titulable ($pH > 7$) influyen directamente en la potabilidad del agua y en los procesos biogeoquímicos que se desarrollan en los ecosistemas acuáticos (Carbajal, 2025)

b. Cloruros

Los cloruros (Cl^-) en el agua son iones que provienen de la disolución de sales naturales, como la halita ($NaCl$), así como de descargas antropogénicas, incluyendo aguas

residuales, infiltraciones agrícolas o vertimientos industriales. La concentración de cloruros es un parámetro fisicoquímico fundamental para evaluar la calidad del agua, ya que niveles elevados pueden afectar el sabor, la corrosión de tuberías y, en concentraciones extremas, la salud humana. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), los valores aceptables de cloruros en agua potable no deben superar los 250 mg/L. Su medición permite identificar la influencia de procesos naturales y actividades humanas, constituyéndose en un indicador clave para garantizar la potabilidad y la gestión sostenible de los recursos hídricos (Caceres, 2025)

c. Sulfatos

son compuestos químicos presentes de forma natural en el agua debido a la disolución de minerales como la yeso o la aljezita, así como por la influencia de actividades humanas como vertimientos industriales, residuos agrícolas y descargas domésticas. La concentración de sulfatos es un parámetro fisicoquímico relevante para evaluar la calidad del agua, ya que niveles elevados pueden afectar su sabor, generar efectos laxantes y contribuir a la corrosión de tuberías y equipos de distribución. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y la normativa peruana vigente (D.S. N.º 031-2010-SA), el límite máximo permisible de sulfatos en agua potable es de 250 mg/L, siendo valores superiores indicativos de contaminación o influencia de procesos geológicos particulares. Su monitoreo constante permite identificar riesgos para la salud pública y establecer medidas de tratamiento adecuadas para garantizar la seguridad y potabilidad del recurso hídrico (Espinoza, 2025)

d. Dureza Total

La dureza total del agua se refiere a la concentración de cationes multivalentes, principalmente calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), presentes en solución. Este parámetro fisicoquímico influye en las propiedades organolépticas del agua, como el sabor, y en su comportamiento frente a procesos domésticos e industriales, incluyendo la formación de incrustaciones en tuberías y equipos. La dureza puede clasificarse como temporal, asociada a bicarbonatos de calcio y magnesio, o permanente, vinculada a sulfatos y

cloruros de estos mismos iones. Aunque no representa un riesgo sanitario directo, valores elevados pueden generar molestias en el consumo y afectar la eficiencia de detergentes y sistemas de tratamiento. La medición de la dureza total constituye un indicador importante para evaluar la calidad del agua y orientar acciones de tratamiento para garantizar su aptitud para el consumo humano y uso doméstico (almawatech, 2024)

e. Nitratos

son compuestos químicos presentes de forma natural en el agua debido a la descomposición de materia orgánica y la lixiviación de suelos, así como por actividades humanas como la agricultura intensiva, el uso de fertilizantes y vertimientos de aguas residuales. Su concentración constituye un parámetro fisicoquímico crítico para evaluar la calidad del agua, ya que niveles elevados pueden causar efectos adversos en la salud humana, incluyendo el síndrome del lactante azul (metahemoglobinemia) y otros trastornos asociados a la oxidación de la hemoglobina. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), el límite máximo permisible de nitratos en agua potable es de 50 mg/L, superando este umbral se considera que el agua no es apta para consumo. El monitoreo de nitratos permite identificar impactos de la contaminación agrícola e industrial, y es fundamental para la gestión de recursos hídricos que aseguren un suministro seguro y sostenible para las comunidades (Clínica Universidad de Navarra, 2023).

2.1.4.3 Parámetros microbiológicos

a. Coliformes Totales

Los coliformes totales constituyen un grupo de bacterias ampliamente utilizadas como indicadores microbiológicos de la calidad del agua y de posibles contaminaciones fecales. Su presencia en el agua potable no indica necesariamente la existencia de patógenos, pero su detección alerta sobre la posible contaminación por materia orgánica y el riesgo de proliferación de microorganismos dañinos. La ausencia de coliformes totales en 100 mL de muestra es un requisito fundamental para considerar que el agua es segura para el consumo humano, según lo establece la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y

la normativa peruana vigente (D.S. N.º 031-2010-SA). La monitorización periódica de estos indicadores permite identificar fallas en los sistemas de captación, almacenamiento o distribución de agua, y es crucial para implementar medidas correctivas que protejan la salud de la población y garanticen el suministro de un recurso hídrico confiable (Neira, 2022).

b. Coliformes fecales

Los coliformes fecales son un subgrupo de bacterias presentes exclusivamente en el tracto intestinal de animales de sangre caliente, por lo que su detección en el agua constituye un indicador directo de contaminación fecal reciente. A diferencia de los coliformes totales, los coliformes fecales señalan la posible presencia de patógenos como bacterias, virus y protozoos responsables de enfermedades gastrointestinales, incluyendo diarrea, fiebre tifoidea y cólera. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y la normativa peruana vigente (D.S. N.º 031-2010-SA) establecen que su concentración debe ser cero unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 mL de agua, garantizando así la potabilidad del recurso. La vigilancia constante de los coliformes fecales es esencial para prevenir riesgos sanitarios, evaluar la eficacia de los sistemas de tratamiento y promover la seguridad del abastecimiento de agua destinado al consumo humano (Stuwas, 2025) .

2.1.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA POTABLE

Tabla 01: Límites Máximos Permisibles(LMP)

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
Conductividad	$\mu\text{mho/cm}$	1500
Sólidos totales disueltos	mgL^{-1}	1000
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Cloruros	mg Cl-L^{-1}	250
Sulfatos	$\text{mg SO}_4 = \text{L}^{-1}$	250
Dureza Total	$\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$	500
Nitratos	$\text{mg NO}_3 \text{L}^{-1}$	50
coliformes totales	UFC/100 mL	UFC/100 mL a 35°C
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	UFC/100 mL a 35°C

UCV: Unidad de color verdadero.

UNT: Unidad nefelométricas de turbiedad.

UFC = Unidad Formadora de Colonias.

Fuente: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano Decreto Supremo N°031- 2010-SA.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua subterránea

El agua es un recurso natural esencial para la vida, presente en la superficie terrestre en ríos, lagos, glaciares y océanos, así como en la atmósfera y en los organismos vivos. Su importancia radica no solo en el consumo humano directo, sino también en su papel en la agricultura, la industria y el mantenimiento de los ecosistemas. Desde el punto de vista químico, el agua es un compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y uno de

oxígeno (H₂O), con propiedades únicas como su alta capacidad de disolución, cohesión, adhesión y su comportamiento térmico estable (Nolasco, 2020)

Control de la condición del agua destinada al consumo humano.

El control de la calidad del agua destinada al consumo humano constituye una actividad esencial para garantizar la salud pública y la seguridad del suministro hídrico. Este proceso implica la evaluación sistemática de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos, así como la identificación de posibles fuentes de contaminación, tanto naturales como antrópicas. La medición de variables como pH, turbidez, conductividad, sólidos disueltos, nitratos, sulfatos, cloruros y la presencia de coliformes totales y fecales permite determinar la potabilidad del recurso hídrico y su aptitud para el consumo humano. Las normativas nacionales e internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA del Perú, establecen límites permisibles para cada parámetro, con el fin de prevenir riesgos sanitarios y asegurar la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento. Además, el control de la condición del agua implica la inspección, monitoreo y mantenimiento de fuentes, redes de distribución y sistemas de almacenamiento, garantizando que el recurso llegue a los usuarios en condiciones óptimas. La implementación de programas regulares de vigilancia y evaluación permite identificar fallas en el sistema, aplicar medidas correctivas y prevenir la propagación de enfermedades de origen hídrico, contribuyendo así a la protección de la salud de la población y a la gestión sostenible de los recursos hídricos (Santana, 2023).

Calidad bacteriológica del agua.

La calidad bacteriológica del agua se refiere a la evaluación de la presencia de microorganismos, especialmente bacterias, que pueden representar un riesgo para la salud humana. Entre los principales indicadores se encuentran los coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y otros patógenos que indican contaminación de origen fecal reciente o persistente. La detección de estos microorganismos permite

identificar riesgos sanitarios, evaluar la efectividad de los sistemas de tratamiento y determinar la potabilidad del agua para consumo humano (Cutimbo, 2023).

Coliformes totales

Los coliformes totales son un grupo de bacterias ampliamente utilizadas como indicadores microbiológicos de la calidad del agua. Su presencia en el agua no indica necesariamente la existencia de patógenos, pero sí señala la posible contaminación por materia orgánica y la eficacia del tratamiento o la protección del sistema de abastecimiento. La detección de coliformes totales permite evaluar de manera indirecta la presencia de condiciones que podrían favorecer la proliferación de microorganismos perjudiciales para la salud humana. Las metodologías empleadas para su detección cuantifican las unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 mL, considerando que su ausencia es un requisito para considerar que el agua es segura para el consumo humano, según los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y la normativa peruana vigente (D.S. N.º 031-2010-SA). El monitoreo regular de coliformes totales es fundamental para identificar fallas en la captación, distribución y almacenamiento del agua, permitiendo tomar medidas correctivas oportunas que protejan la salud de la población y aseguren la confiabilidad del recurso hídrico (Oblitas, 2016)

Coliformes Fecales

Los coliformes fecales son un subgrupo de bacterias presentes exclusivamente en el tracto intestinal de animales de sangre caliente, por lo que su detección en el agua constituye un indicador directo de contaminación fecal reciente. A diferencia de los coliformes totales, la presencia de coliformes fecales sugiere la posible existencia de patógenos bacterianos, virales o protozoarios capaces de causar enfermedades gastrointestinales, como diarrea, fiebre tifoidea y cólera. La evaluación de coliformes fecales se realiza mediante técnicas microbiológicas que permiten cuantificar las unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 mL, siguiendo los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y la normativa peruana vigente (D.S. N.º 031-2010-SA), los cuales requieren que su concentración sea

zero UFC/100 mL para considerar el agua apta para consumo humano. El monitoreo constante de estos indicadores es esencial para prevenir riesgos sanitarios, evaluar la eficacia de los sistemas de tratamiento y garantizar la seguridad del abastecimiento de agua, contribuyendo a la protección de la salud pública y al uso sostenible de los recursos hídricos (Pari, 2023).

Límite Máximo Permisible (LMP)

El Límite Máximo Permisible (LMP) se define como la concentración máxima de un contaminante químico, físico o microbiológico que puede estar presente en el agua destinada al consumo humano sin que represente un riesgo significativo para la salud pública. Este parámetro es fundamental para garantizar que el agua cumpla con los estándares de potabilidad establecidos por organismos nacionales e internacionales, tales como la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y la normativa peruana vigente (D.S. N.º 031-2010-SA). Los LMP se aplican a diferentes variables, incluyendo pH, turbidez, conductividad, sólidos disueltos, nitratos, sulfatos, cloruros y coliformes, estableciendo criterios que permiten evaluar la calidad del agua y determinar la necesidad de procesos de tratamiento adicionales. Superar estos límites implica un riesgo potencial para la salud, afectando tanto la seguridad microbiológica como la química del recurso hídrico. Por ello, el monitoreo constante de los LMP es esencial para garantizar que el agua suministrada a la población cumpla con los estándares de potabilidad, protegiendo la salud de los usuarios y promoviendo un uso seguro y sostenible de los recursos hídricos (Innova, 2023).

2.3. MARCO NORMATIVO

- Constitución Política del Perú (1993)
- Ley General de Salud - Ley N° 26842, el presente Reglamento tiene como objeto la gestión de la calidad del agua, la vigilancia sanitaria del agua, el control y supervisión de la calidad del agua respecto a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.
- Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S N°031- 2010

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La calidad del agua de los manantiales de la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025, no cumple con todas las condiciones de los Límites Máximos Permisibles destinados para consumo humano.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Algunos parámetros organolépticos del agua procedente de los manantiales de la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.
- Algunos parámetros químicos del agua procedente de la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025, no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S N °031-2010-SA.
- Algunos parámetros microbiológicos del agua procedente de la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025, no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S N°031-2010-SA

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ZONA DE ESTUDIO

El estudio se localizó en la parte alta del distrito de Chucuito (Puno), enmarcado por las coordenadas 15°55'22.2"S 69°53'11.3"W y 15°55'30.8"S –69°53'16.6"W. Las fuentes de agua evaluadas corresponden a los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo, situados a una altitud de 3,826 m.s.n.m. La zona se caracteriza por un clima frío estacional, registrando mínimas de 4 °C en invierno, máximas de 20 °C en verano y una temperatura promedio anual de 8 °C.

El régimen pluviométrico de la zona se caracteriza por una marcada estacionalidad, registrando acumulados anuales que oscilan entre los 400 y 527 mm. Esta dinámica hidrometeorológica es determinante, ya que regula la recarga de los acuíferos y el caudal de los manantiales, influyendo directamente en la disponibilidad del recurso hídrico y en la configuración de los ecosistemas locales. Por tanto, integrar el análisis de estas variables ambientales resultó indispensable para interpretar correctamente las fluctuaciones en la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, así como para fundamentar técnicamente las estrategias de conservación propuestas..

- Coordenada manantial Isca Phujo Platja : [15°55'22.2"S 69°53'11.3"W](#)
- Coordenada manantial Jintilani Phujo : [15°55'30.8"S 69°53'16.6"W](#)

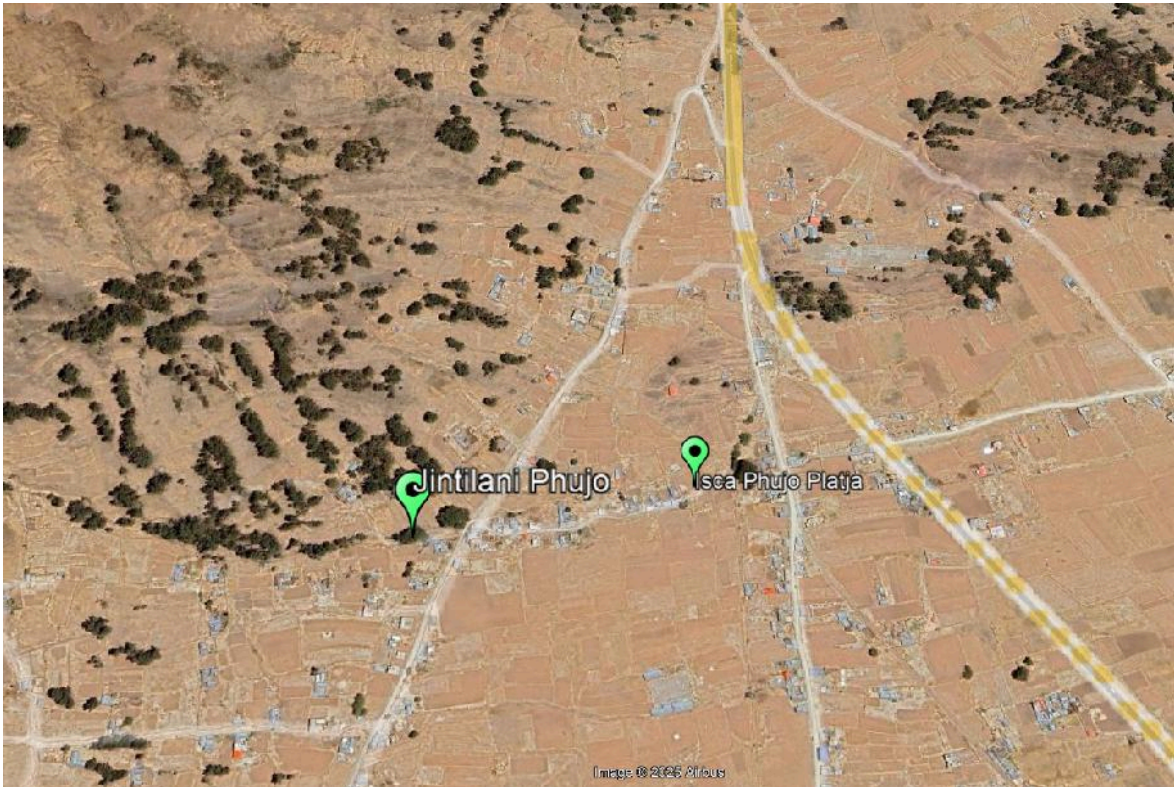


Figura 01: Localización de la zona objeto de análisis

Fuente: Google earth Pro

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

La población objeto de estudio se abastece fundamentalmente de los manantiales **Isca Phujo Platja** y **Jintilani Phujo**, los cuales constituyen la fuente primaria de agua potable para la comunidad de Tajquina. Estas fuentes, ubicadas estratégicamente en el cerro Kakapunku, dentro del distrito de Chucuito (Puno), representan los puntos neurálgicos de captación para satisfacer la demanda de consumo humano. Su selección como eje de esta investigación responde no solo a su función de suministro, sino a su rol crítico en la dinámica socioambiental y la salud pública de la localidad.

3.2.1. MUESTRA

Para la conformación de la muestra, se seleccionaron los manantiales **Isca Phujo Platja** y **Jintilani Phujo** como las fuentes representativas del estudio. En cada punto se procedió a la recolección de un volumen de 1000 ml, aplicando estrictamente protocolos estandarizados para asegurar la integridad y la custodia de las muestras. Este

procedimiento garantizó un equilibrio entre el rigor científico necesario y una logística viable, permitiendo la obtención de datos confiables sin comprometer la capacidad analítica del proyecto.

Tabla 02: Coordenadas para las muestras de agua

Punto de captación			Punto de captación		
Muestra	UTM	Volumen	Muestra	UTM	Volumen
Isca Phujo	15°55'22.2"S	1000 ml	Jintilani Phujo	15°55'30.8"S	1000 ml
Platja	69°53'11.3"W			69°53'16.6"W	
TOTAL	2000 ml				

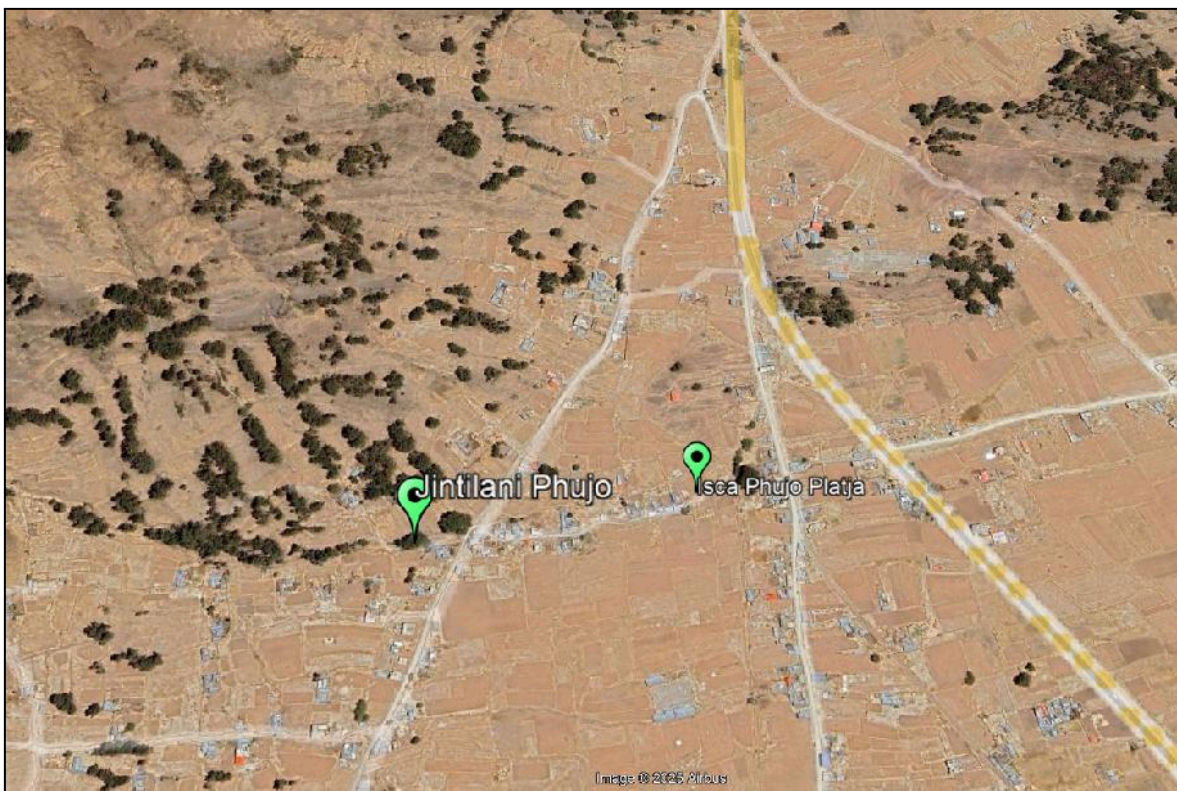


Figura 02: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Fuente: Google Earth Pro

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Tipo de investigación:

Descriptivo comparativo

Diseño de investigación

No experimental - Transversal o Sincrónica

3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA

El proceso de muestreo se rigió estrictamente por el protocolo establecido en la **RD N.º 160-2015/DIGESA/SA**, abarcando todas las etapas críticas: toma de muestra, preservación, transporte, almacenamiento y recepción en laboratorio. La aplicación de esta normativa garantizó la recolección ordenada y segura del recurso hídrico en los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo, asegurando la inalterabilidad de sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas originales. El uso de materiales estériles, el mantenimiento riguroso de la cadena de frío y el registro detallado de cada procedimiento aseguraron la integridad de las muestras hasta su análisis. En consecuencia, los resultados obtenidos constituyen un reflejo fiel de la calidad del agua consumida en la comunidad, proporcionando una base confiable para la toma de decisiones en materia de protección hídrico-sanitaria.

a) Protocolo de Recolección y Preservación de Muestras de Agua

Para garantizar la representatividad y la validez analítica del estudio, el proceso de recolección de muestras se ejecutó bajo un estricto rigor científico. Se emplearon recipientes de polipropileno esterilizados de boca ancha con capacidad de 1000 ml. La elección de este material responde a su inercia química, lo que evita la lixiviación de contaminantes o la adsorción de analitos en las paredes del envase, mientras que la boca ancha minimiza el riesgo de contacto accidental con bordes externos durante el llenado.

En los puntos de afloramiento de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo, la toma de muestra se realizó sumergiendo los frascos a una profundidad controlada de entre 15 y 25 cm. Esta maniobra es crítica para evitar, por un lado, la película superficial donde suelen concentrarse partículas de polvo y biopelículas, y por otro, los sedimentos

del fondo que podrían alterar la turbidez y la carga microbiana real del flujo. Asimismo, se priorizó la captación cerca de las paredes del afloramiento para obtener agua en circulación activa.

Previo a la recolección definitiva, se aplicó la técnica del triple enjuague (o purga) con el agua de la fuente. Este procedimiento tiene como objetivo aclimatar el envase a la temperatura de la muestra y eliminar cualquier traza residual de aire o partículas del almacenamiento previo, asegurando que el contenido final sea químicamente idéntico al agua del manantial en ese instante. Durante esta etapa, se registraron parámetros de campo in situ (temperatura ambiental y condiciones físicas), siguiendo protocolos limnológicos internacionales que exigen documentar cualquier variable externa que pudiera influir en la hidroquímica.

Una vez recolectadas las alícuotas, se procedió inmediatamente a su preservación térmica. Las muestras fueron almacenadas en coolers herméticos acondicionados con geles refrigerantes para mantener una temperatura estable de 4 ± 2 °C. Este enfriamiento es fundamental para ralentizar la actividad metabólica de los microorganismos y frenar las reacciones químicas de degradación hasta la llegada al laboratorio. Para el transporte, se dispusieron separadores de espuma que inmovilizaron los frascos, previniendo roturas o agitación excesiva.

La trazabilidad del proceso se aseguró mediante un sistema de codificación único en el etiquetado, donde se consignaron datos vitales: fecha y hora exacta del muestreo, coordenadas UTM de cada manantial y la firma del responsable. Finalmente, las muestras fueron ingresadas al laboratorio certificado dentro de un plazo máximo de 24 horas, un intervalo de tiempo crucial para garantizar que los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos se mantuvieran dentro de los rangos de estabilidad aceptados por la normativa vigente.

3.3.2. MÉTODOS DE LABORATORIO

El sustento técnico y legal de la investigación se fundamentó en dos instrumentos normativos clave. Por un lado, se aplicó la NTP 214.005:1987 (Agua Potable: Toma de

Muestra), la cual estandariza los procedimientos nacionales para la correcta recolección y preservación de muestras destinadas a análisis organolépticos, químicos y microbiológicos. Por otro, la evaluación de la calidad del recurso se rigió por el D.S. N.º 031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano), norma que define los parámetros de control, los criterios sanitarios y los Límites Máximos Permisibles (LMP) vigentes en el Perú. La articulación de ambas normativas garantizó no solo la rigurosidad metodológica durante la fase de campo, sino también la validez legal en la interpretación de los resultados obtenidos.

3.3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO

El análisis se llevó a cabo siguiendo las disposiciones establecidas en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

Tabla 03: Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua potable

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Color	Escala	15
Turbiedad	UCV Pt/Co	5
Conductividad (CE)	UNT	1500
Sólidos Totales Disueltos	µmho/cm	1000
pH	mgL ⁻¹	6,5 a 8,5
Cloruros	Valor de pH	250
Sulfatos	mg Cl-L ⁻¹	250
Dureza Total	mg CaCO ₃	500
Nitratos	mg/L CaCO ₃ L ⁻¹	50
Coliformes Totales	UFC/100 mL	UFC/100 mL a 35°C
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	UFC/100 mL a 35°C

UCV: Unidad de color verdadera

UNT: Unidad nefelométricas de turbiedad.

UFC = Unidad Formadora de Colonias

Fuente: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano Decreto Supremo N°031- 2010-SA.

3.3.4. MATERIALES

Fase de campo

Para dar inicio al proceso de muestreo en los manantiales, el primer paso consistirá en disponer de todos los materiales e instrumentos requeridos, los cuales incluyen:

- Frascos estériles de vidrio o PE
- Botellas plásticas de 1 L
- Movilidad
- Envases
- Guantes de látex/nitrilo
- Mandil
- Baterías
- Cuaderno de apuntes
- Hielera con acumuladores de frío
- Agua destilada
- Rotulador indeleble y etiquetas
- GPS o mapa georreferenciado
- Cámara Fotográfica
- Laptop I7 12va Gen
- Casco

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
	Organoléptica	Color
		Turbiedad
		CE
		Sólidos totales disueltos
Variable independiente		
Concentración de los parámetros	Química	pH
		Cloruros
		Sulfatos
	Microbiológica	Dureza total
		Nitratos
		Coliformes totales
		Coliformes fecales
Variable dependiente		
Calidad del agua, según D.S. N° 031-2010-SA.	Calidad del Agua	Buena
		Regular
		Mala

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE TAJQUINA EN EL DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO 2025

4.1.1. CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS MANANTIALES ISCA PHUJO PLATJA Y JINTILANI PHUJO RESPECTO A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)

La evaluación de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento **Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo** se fundamentó en el análisis cuantitativo de variables organolépticas, químicas y microbiológicas. Se recolectaron muestras puntuales garantizando su representatividad hidrológica para determinar concentraciones de color, turbidez, pH, conductividad, sólidos disueltos, iones mayoritarios (cloruros, sulfatos, nitratos) y carga microbiana (coliformes). El procesamiento de datos se realizó conforme a la metodología establecida, validando los hallazgos frente a los estándares de calidad regulatorios (LMP) para establecer el grado de inocuidad del agua distribuida a la población.

Tabla 05: Concentración de los parámetros fisicoquímicos por repetición y media de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo

Resultados de los parámetros organolépticos y químicos por manantial				
Manantial			Isca Phujo Platja	Jintilani Phujo
Ítem	Parámetro	Unidad		
1	Color	Pt/Co	<1	<2
2	Conductividad Electrica	µS/cm	200,1	145,2
3	pH	Und . pH	7.0	8,7
4	Cloruros	meq/L	0,05	0,02
5	Sulfatos	meq/L	0,59	3,10
6	Sólidos Totales Disueltos	mg/L	10,00	71,0
8	Nitratos	meq/L	3,93	7,43
9	Turbiedad	NTU	0,05	0,18
10	Dureza Total	mg/L	89,45	34,00

Los resultados fisicoquímicos destaca que ambos manantiales poseen una transparencia excepcional con niveles de turbiedad mínimos de 0,05 NTU en Isca Phujo Platja y 0,18

NTU en Jintilani Phujo , situándose muy por debajo del límite normativo. En cuanto al equilibrio químico, Isca Phujo Platja presenta un pH neutro de 7,0, mientras que Jintilani Phujo muestra una tendencia alcalina con un valor de 8,7. La mineralización de ambos recursos es ligera, evidenciada por una baja conductividad eléctrica de 200,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 145,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente , y niveles de sólidos totales disueltos que no superan los 71,0 mg/L. Finalmente, la dureza total de 89,45 mg/L en Isca Phujo Platja y 34,00 mg/L en Jintilani Phujo permite clasificar el agua como "blanda" , garantizando un recurso de alta calidad organoléptica y química para la población.

Tabla 06: Concentración de los parámetros microbiológicos por repetición y media de los Manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo.

Resultados de los parámetros microbiológicos por manantial				
Manantial			Isca Phujo Platja	Jintilani Phujo
Ítem	Parámetro	Unidad		
1	Coliformes Totales	UFC/100 mL	00,00	00,00
2	Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	00,00	00,00

Los resultados microbiológicos detallados en la Tabla 06 son concluyentes y sumamente alentadores para la comunidad de Tajquina. Tanto el manantial Isca Phujo Platja como el Jintilani Phujo presentaron una ausencia absoluta de agentes contaminantes, registrando 0.00 UFC/100 mL en los indicadores de Coliformes Totales y Termotolerantes. Este hallazgo es fundamental, pues confirma que las fuentes de agua no han sufrido contaminación por materia fecal ni infiltraciones superficiales recientes. Desde el punto de vista sanitario, esto significa que el recurso hídrico, en el momento del muestreo, cumple

estrictamente con los estándares de inocuidad biológica, garantizando que su consumo directo no representa un riesgo de enfermedades gastrointestinales para la población. La uniformidad en los resultados sugiere que los sistemas naturales de filtración del acuífero o la protección del punto de captación están funcionando eficazmente en ambas fuentes.

Tabla 07: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Isca Phujo Platja con los LMP D.S N°031- 2010.

Comparación de la concentración media de los parámetros del manantial Isca Phujo Platja				
Phujo Platja				
Parámetros	Unidad	Concentración	LMP	Valoración
Parámetros fisicoquímicos				
Color		1	15	Cumple
Conductividad (CE)	μS/cm	200,1	1500	Cumple
pH	Und . pH	7.0	6,5 a 8,5	Cumple
Cloruros Cl	meq/L	0,05	250	Cumple
Sulfatos	meq/L	0,59	250	Cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	10,00	1000	Cumple
Dureza Total	CaCO ₃	89,45	500	Cumple
Nitratos	meq/L	3,93	50	Cumple
Turbiedad	NTU	0,05	5	Cumple
Parámetros Microbiológico				

Comparación de la concentración media de los parámetros del manantial Isca

Phujo Platja

Coliformes	UFC/100	00,00	0(*)	Cumple
Totales	mL			
Coliformes	UFC/100	00,00	0(*)	Cumple
Termotolerantes	mL			

Los resultados presentados en la Tabla 07 demuestran que el manantial Isca Phujo Platja posee una excelente calidad sanitaria y fisicoquímica, cumpliendo integralmente con los estándares del D.S. N.º 031-2010-SA. En el aspecto fisicoquímico, parámetros indicadores como la turbiedad (0.05 NTU), el color y los sólidos totales disueltos se mantienen muy por debajo de los Límites Máximos Permisibles, evidenciando un agua cristalina y con baja carga de sedimentos. Asimismo, el pH neutro (7.0) y la baja conductividad reflejan un equilibrio químico adecuado para el consumo. En cuanto a la calidad biológica, y en concordancia con la normativa vigente, los análisis reportaron una ausencia total (0.00 UFC/100 mL) tanto de coliformes totales como termotolerantes. Este resultado confirma la inocuidad del recurso hídrico, descartando contaminación fecal y validando que el manantial es apto para el abastecimiento humano sin representar riesgo epidemiológico en el momento del muestreo.

Tabla 08: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Jintilani Phujo con los LMP D.S N°031- 2010.

Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Jintilani Phujo				
Parámetros	Unidad	Concentración	LMP	Valoración
Parámetros fisicoquímicos				
Color		<2	15	Cumple
Conductividad (CE)	μS/cm	145,2	1500	Cumple
pH	Und. pH	8,1	6,5 a 8,5	Cumple
Cloruros Cl	meq/L	0,02	250	Cumple
Sulfatos	meq/L	3,10	250	Cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	71,0	1000	Cumple
Dureza Total	CaCO ₃	34,00	500	Cumple
Nitratos	meq/L	7,43	50	Cumple
Turbiedad	NTU	0,18	5	Cumple
Parámetros Microbiológico				
Coliformes Totales	UFC/100 mL	00,00	0(*)	Cumple
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	00,00	0(*)	Cumple

El análisis de los parámetros del manantial Jintilani Phujo, presentado en la Tabla 08, evidencia una calidad del agua favorable en relación con los Estándares de Calidad Ambiental y el D.S. N.º 031-2010-SA. En el aspecto fisicoquímico, la turbiedad (0.18 NTU) y los sólidos totales disueltos (71.0 mg/L) se mantienen muy por debajo de los límites permitidos, indicando un agua clara y con baja carga de sedimentos. Es importante destacar que el pH registró un valor de 8.7, situándose ligeramente por encima del rango estándar (6.5 a 8.5), lo que denota una tendencia alcalina del recurso, aunque el resto de la matriz química (cloruros, sulfatos, nitratos) cumple a cabalidad con la normativa. El hallazgo más significativo, sin embargo, reside en la calidad microbiológica: a diferencia de otras fuentes superficiales, este manantial reportó 0.00 UFC/100 mL tanto en coliformes totales como termotolerantes, garantizando la ausencia de contaminación bacteriana y confirmando su aptitud sanitaria para el consumo humano.

4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS DE LOS MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE TAJQUINA, DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO 2025

4.2.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLOR

El análisis del parámetro color en las fuentes de abastecimiento se realizó cuantificando las Unidades de Color Verdadero (UCV) en la escala Pt/Co. Los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo registraron valores de <1 y <2 UCV respectivamente, lo que evidencia un agua de características estéticas óptimas y totalmente incolora. Estos resultados se sitúan muy por debajo del Límite Máximo Permisible de 15 UCV establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA). Por consiguiente, se confirma el cumplimiento normativo de este indicador, descartando la presencia de sustancias disueltas (como materia orgánica o metales) en concentraciones que afecten la apariencia visual del recurso.

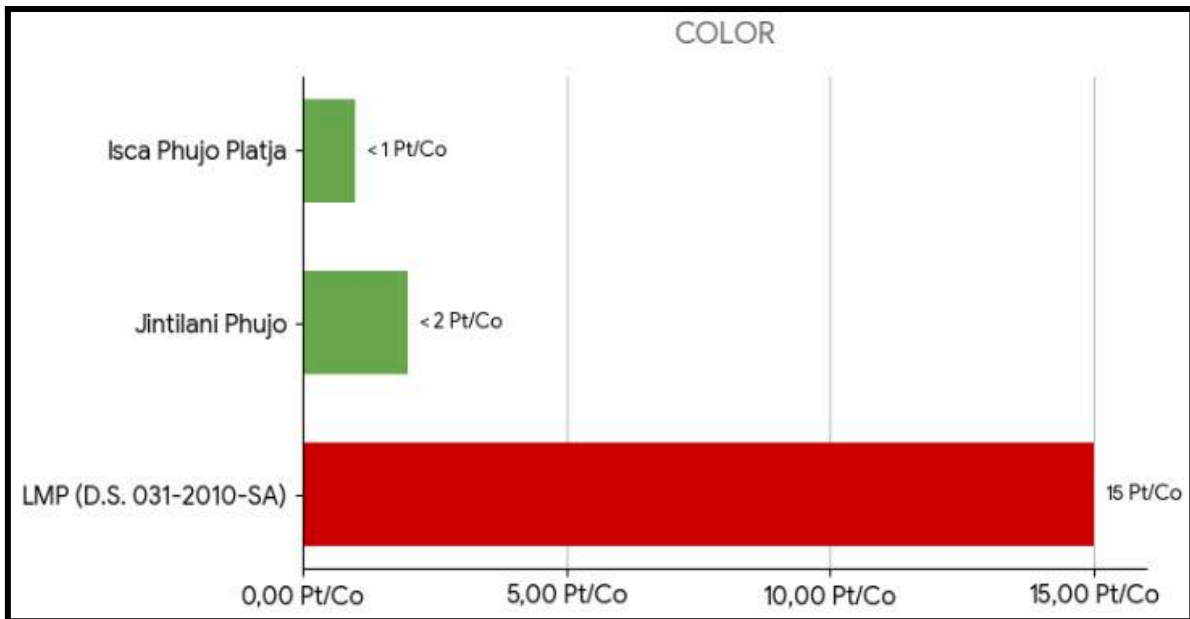


Figura 03: Valor del color del agua de los manantiales centro poblado de Tajquina.

Al analizar el parámetro de color en los manantiales Isca Phujo Platja (< 1 Pt/Co) y Jintilani Phujo (< 2 Pt/Co), se evidencia que los valores se mantienen muy por debajo del límite máximo de 15 Pt/Co establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. Estos resultados guardan similitud con lo reportado por Tique (2025) en su estudio realizado en el sector Barco, también en el distrito de Chucuito, quien encontró que el agua destinada al consumo presentaba características incoloras y cumplía satisfactoriamente con la normativa vigente. Esta coincidencia sugiere que las fuentes subterráneas en esta zona del distrito de Chucuito conservan buenas propiedades organolépticas.

Por otro lado, estos hallazgos difieren de la situación reportada por Ordoño (2025) en la comunidad de Molloco (distrito de Acora), donde se identificó que el color aparente y la turbidez superaban los límites permisibles, lo cual fue atribuido a deficiencias en el mantenimiento del sistema. A diferencia de ese caso, los manantiales de la comunidad de Tajquina muestran una calidad estética superior, indicando una baja presencia de sólidos disueltos o sustancias húmicas que alteren su apariencia natural.

4.2.2. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO TURBIEDAD

Según los resultados obtenidos, la turbiedad del agua en los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo evidencia un comportamiento excelente frente al estándar nacional.

En Isca Phujo Platja, el valor registrado fue de 0.05 NTU, una cifra insignificante frente al límite máximo de 5 NTU establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA. De manera similar, Jintilani Phujo presentó una turbiedad de 0.18 NTU, manteniéndose también muy por debajo del valor permitido

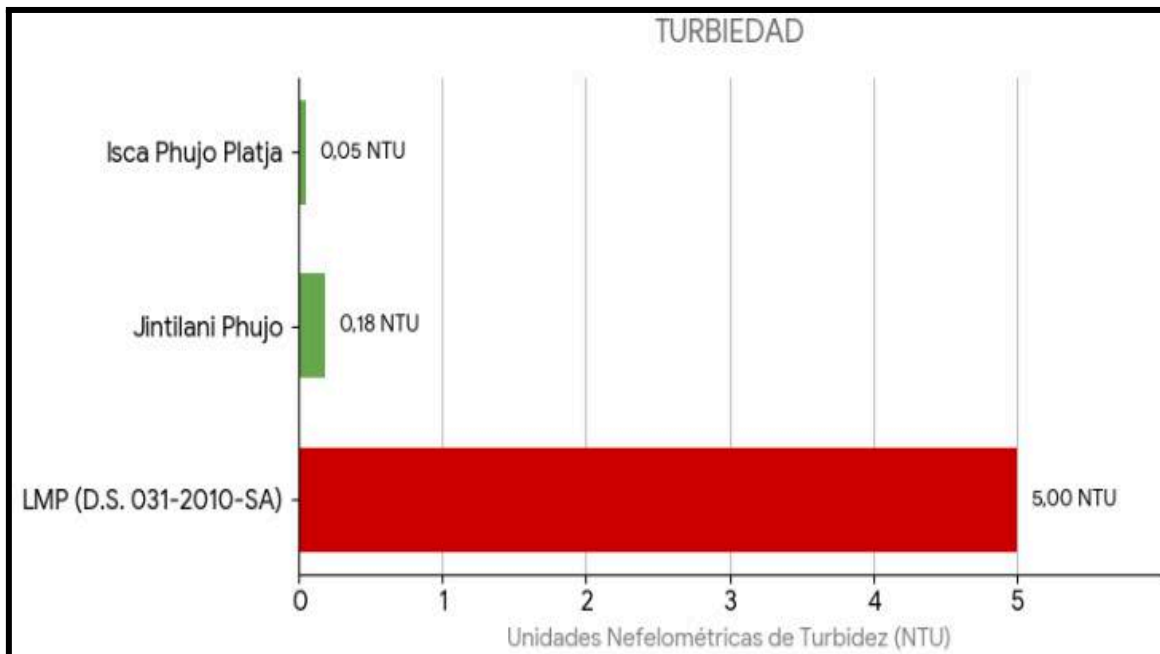


Figura 04: Valor de la turbiedad del agua de los manantiales centro poblado de Tajquina. Los valores de turbiedad registrados en Isca Phujo Platja (0.05 NTU) y Jintilani Phujo (0.18 NTU) se encuentran muy por debajo del Límite Máximo Permisible de 5 NTU. Al contrastar estos resultados con los antecedentes, se observa una coincidencia positiva con el estudio de Tique (2025) en el distrito de Chucuito, quien también reportó niveles de turbidez dentro de los rangos aceptables en el sector Barco. Sin embargo, este escenario difiere significativamente de lo reportado por Ordoño (2025) en la comunidad de Molloco y Aguilar (2025) en el río llave, quienes identificaron valores de turbiedad que excedían la norma (hasta 45.2 NTU), atribuidos a vertimientos y falta de protección. En contraste, la baja turbiedad en Tajquina evidencia una mejor conservación de las zonas de captación y la ausencia de partículas coloidales que pudieran comprometer la eficacia de una eventual desinfección.

4.2.3. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Los valores de conductividad eléctrica registrados en los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo se encuentran dentro del límite permitido por el D.S. N.° 031-2010-SA, que establece un máximo de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para agua destinada al consumo humano. El manantial Jintilani Phujo presentó una conductividad de 145,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que Isca Phujo Platja alcanzó 200,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$; ambos valores reflejan una baja concentración de sales disueltas, lo que indica que el agua mantiene una mineralización adecuada y no representa riesgos para la salud por este parámetro. Aunque Isca Phujo Platja muestra una conductividad ligeramente mayor, este incremento se mantiene dentro de lo aceptable y puede estar relacionado con características naturales del suelo y la geología del área. En conjunto, los resultados muestran que los dos manantiales cumplen con el estándar nacional en cuanto a conductividad eléctrica.

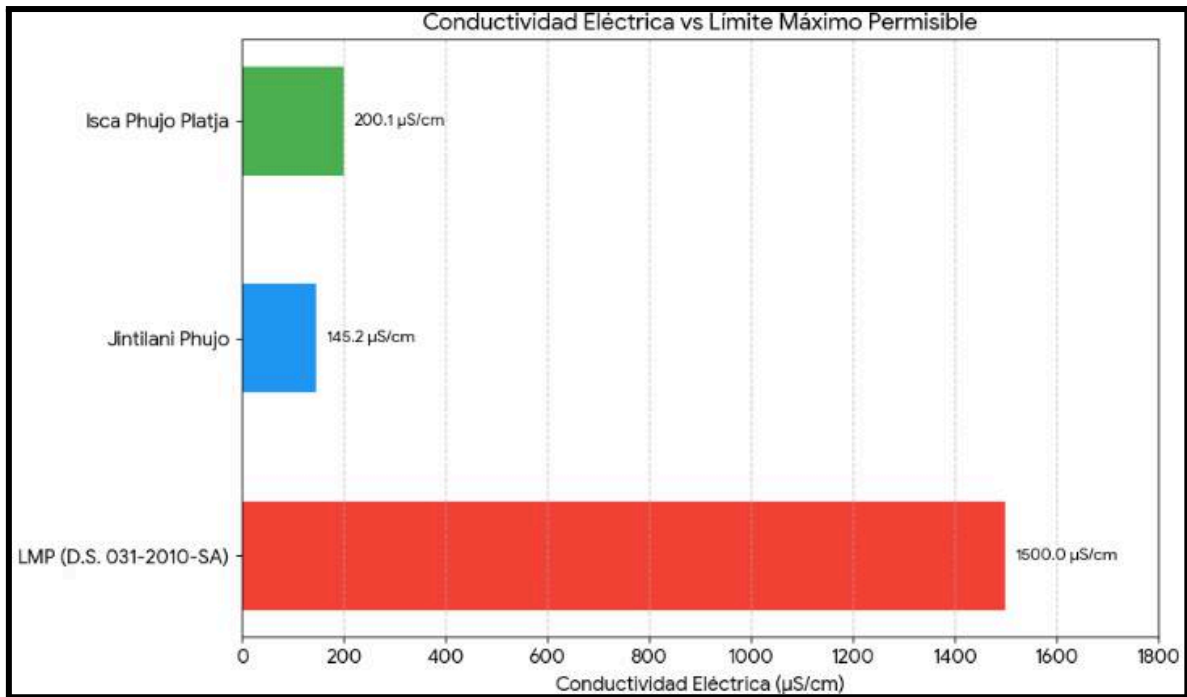


Figura 05: Valor de conductividad del agua de los manantiales del centro poblado de Tajquina.

El análisis de conductividad eléctrica en los manantiales de la comunidad de Tajquina reportó valores de 200,1 $\mu\text{S/cm}$ para Isca Phujo Platja y 145,2 $\mu\text{S/cm}$ para Jintilani Phujo. Estos resultados se encuentran muy por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 1500 $\mu\text{S/cm}$ establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA, evidenciando que el agua presenta una baja concentración de sales disueltas y una mineralización ligera, apta para el consumo humano. Al contrastar estos hallazgos con los antecedentes locales, se observa una ligera variación respecto a lo reportado por Tique (2025), quien en su evaluación de la calidad del agua en el sector Barco (distrito de Chucuito) registró valores de conductividad entre 82,49 $\mu\text{S/cm}$ y 91,05 $\mu\text{S/cm}$. Si bien nuestros resultados son superiores (llegando a 200,1 $\mu\text{S/cm}$), ambos estudios confirman la tendencia de aguas "dulces" o de baja salinidad en la zona de Chucuito, atribuyéndose las diferencias a las características litológicas específicas de cada microcuenca y al tiempo de residencia del agua en el acuífero de Kakapunku.

Por otro lado, nuestros resultados guardan una mayor similitud con lo encontrado por Aguilar (2025) en la cuenca cercana del río llave, quien reportó un rango de conductividad

de 125 a 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor obtenido en el manantial Jintilani Phujo (145,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se inserta perfectamente dentro de este rango regional, mientras que el manantial Isca Phujo Platja (200,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) presenta una mineralización levemente mayor, lo cual no representa un riesgo sanitario, ya que sigue manteniéndose muy lejos del umbral de sabor salobre o de los límites normativos..

4.2.4. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO PH

El análisis del pH en los manantiales de la comunidad de Tajquina evidenció valores de 7,0 unidades para Isca Phujo Platja y 8,1 unidades para Jintilani Phujo. Ambos resultados cumplen satisfactoriamente con el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido por la normativa peruana, garantizando su aptitud para el consumo.

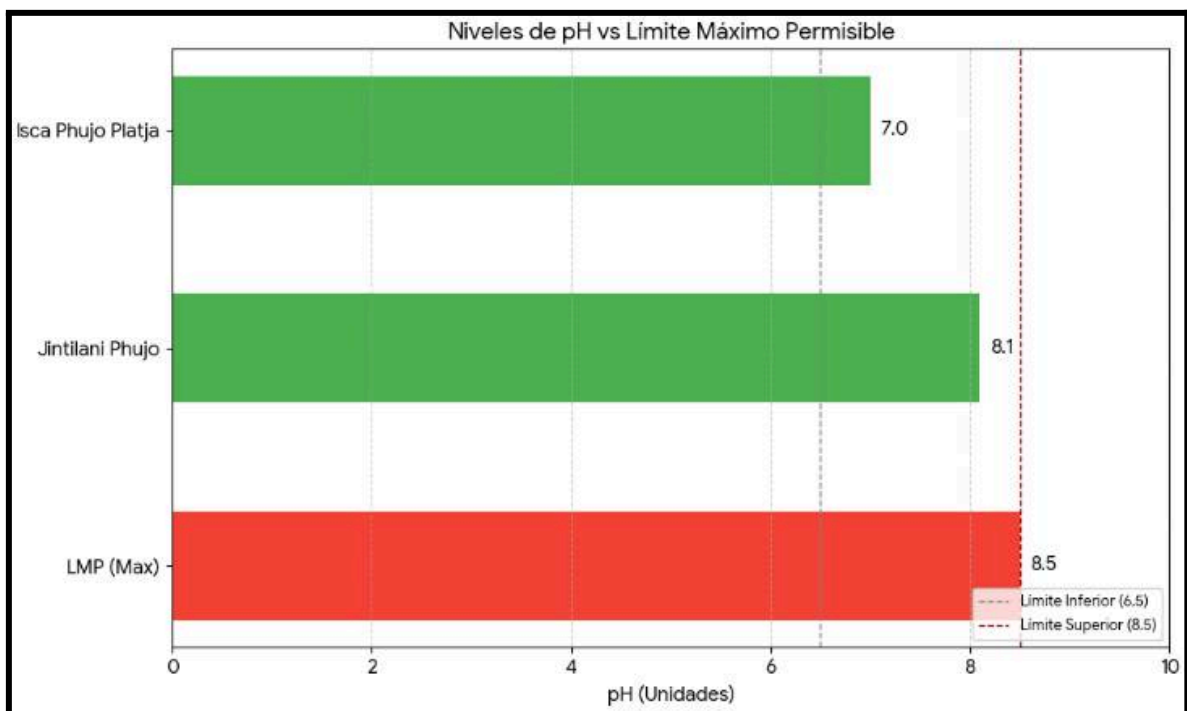


Figura 06: Valor del pH del agua de los Manantiales centro poblado de Tajquina.

Al contrastar estos hallazgos con los antecedentes locales, se observa una coincidencia parcial con Tique (2025), quien en su estudio del sector Barco (Chucuito) reportó un rango de pH entre 6,50 y 7,08. El manantial Isca Phujo Platja (7,0) se alinea perfectamente con estos valores, lo que sugiere una consistencia hidroquímica en gran parte del distrito. Por otro lado, el valor de Jintilani Phujo (8,1), aunque superior al promedio encontrado por Tique, refleja la variabilidad natural de los acuíferos andinos,

donde la interacción con rocas carbonatadas puede elevar el pH sin comprometer la calidad del agua. Comparando con el estudio regional de Aguilar (2025) en la cuenca del río llave, donde se registraron valores de 6,8 a 7,4, se ratifica que las aguas de la zona tienden a la neutralidad o leve alcalinidad. El valor de 8,1 en Jintilani Phujo se mantiene dentro de un margen aceptable para aguas subterráneas de montaña, diferenciándose de los problemas de acidez que suelen afectar a zonas mineras.

4.2.5. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CLORUROS

Los resultados de cloruros obtenidos en los manantiales Isca Phujo Platja (1,77 mg/L) y Jintilani Phujo (0,71 mg/L) son extremadamente bajos en comparación con el Límite Máximo Permissible de 250 mg/L establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA, representando menos del 1% del tope legal. Estos valores ínfimos indican que el agua está libre de contaminación por sales cloradas, aguas residuales o intrusión salina, caracterizándose por ser un recurso dulce de excelente calidad química en cuanto a este anión, apto para el consumo humano sin riesgo de sabor salado ni efectos corrosivos en la infraestructura sanitaria.

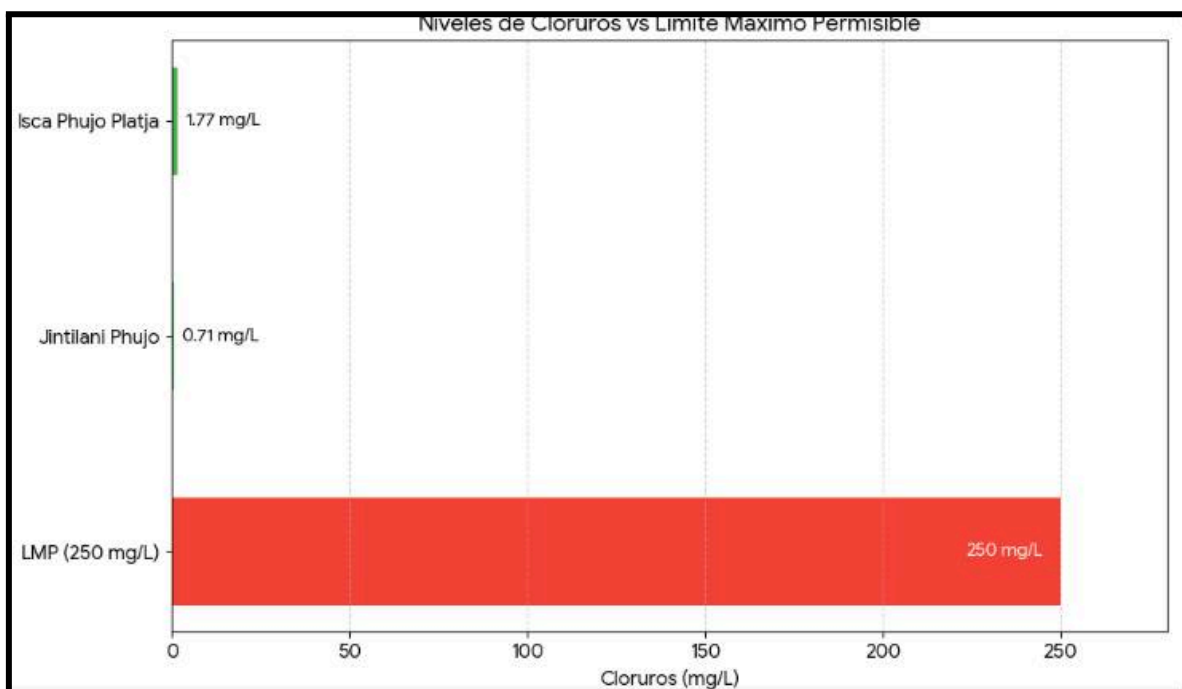


Figura 07: Valor de Cloruros del agua de los manantiales del centro poblado de Tajquina.

Al analizar el comportamiento regional de este parámetro, los resultados obtenidos (0,71 y 1,77 mg/L) muestran una estrecha coherencia con lo reportado por Ordoño (2025), quien evaluó el sistema de abastecimiento en la comunidad de Molloco, distrito de Acora, Puno. En su investigación, Ordoño concluyó que los cloruros se mantuvieron dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. N.º 031-2010-SA, hallazgo que concuerda plenamente con los resultados registrados en Tajquina. Esta similitud entre Acora y Chucuito sugiere un patrón hidrogeológico común en la región sur de Puno, donde las fuentes de agua subterránea y los manantiales presentan baja mineralización y ausencia natural de contaminación salina..

4.2.6. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SULFATOS

Los resultados de sulfatos obtenidos en los manantiales Isca Phujo Platja (28,34 mg/L) y Jintilani Phujo (148,89 mg/L) se encuentran dentro del Límite Máximo Permissible de 250 mg/L establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA, lo que indica cumplimiento normativo en ambas fuentes. Se observa que el manantial Jintilani Phujo presenta una concentración cinco veces mayor que la de Isca Phujo Platja, evidenciando una mayor disolución de minerales sulfatados naturales, como el yeso, en ese punto de afloramiento; un fenómeno geológico común en ecosistemas de altura que, sin embargo, no compromete la potabilidad del agua.

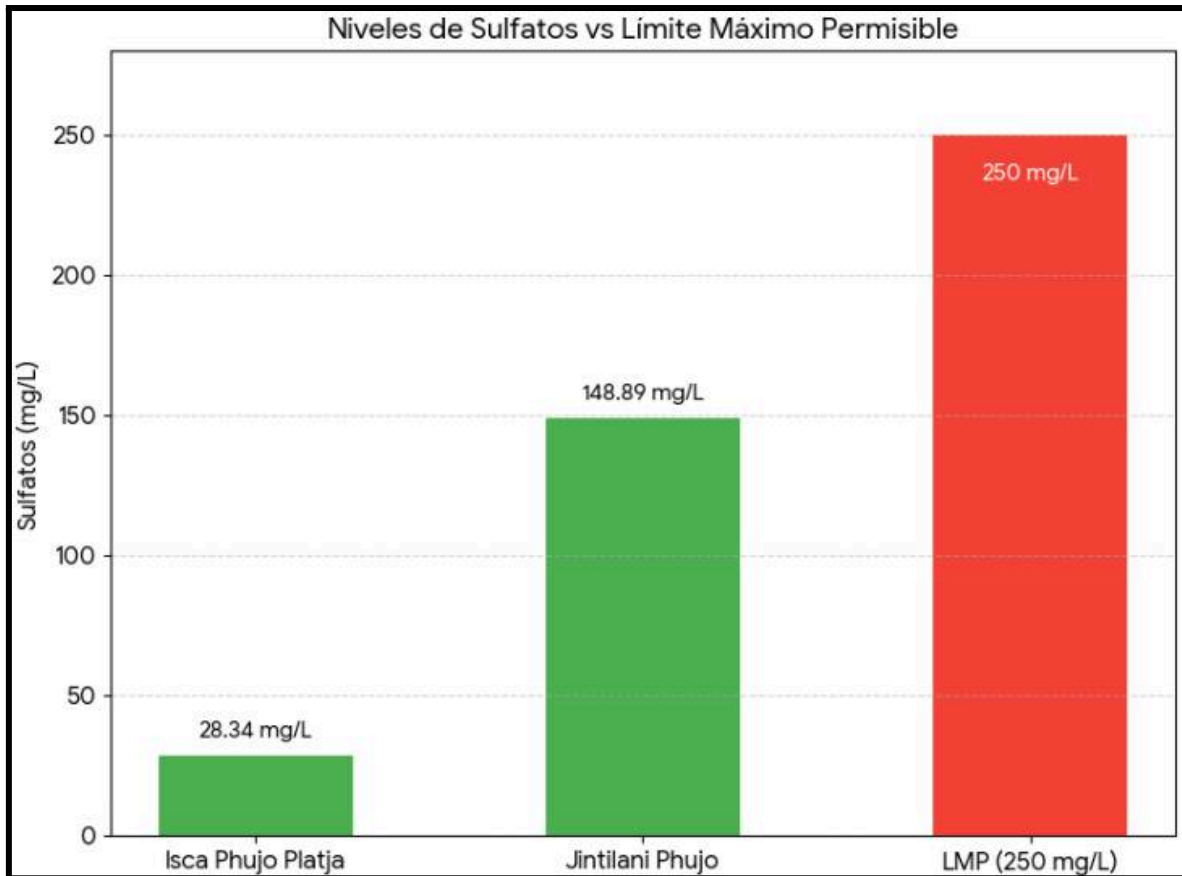


Figura 08: Concentración de sulfatos del centro poblado de Tajquina.

Al contrastar estos hallazgos con antecedentes regionales, los manantiales de Tajquina presentan una mejor calidad en cuanto a sulfatos en comparación con el estudio de Tique (2025), quien evaluó el sector Barco, también en Chucuito. Tique reportó concentraciones que oscilaban entre 396,00 y 400,00 mg/L, excediendo significativamente el Límite Máximo Permisible de 250 mg/L. La baja concentración observada en Jintilani Phujo (148,89 mg/L) y en Isca Phujo Platja (28,34 mg/L) evidencia que, a diferencia del sector Barco, las fuentes de Tajquina no están expuestas a la misma intensidad de disolución geológica ni a influencias antrópicas, como residuos agrícolas o industriales, que puedan incrementar los niveles de sulfatos, garantizando así que el agua no presenta riesgo de sabor amargo ni efectos laxantes asociados a concentraciones superiores al LMP.

4.2.7. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DUREZA TOTAL

Los valores de dureza total registrados en los manantiales Isca Phujo Platja (89,45 mg/L) y Jintilani Phujo (34,00 mg/L) se encuentran muy por debajo del Límite Máximo

Permisible de 500 mg/L establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA. Ambos resultados reflejan una baja concentración de iones divalentes (calcio y magnesio), clasificando el agua como "blanda" según los estándares hidroquímicos. Este nivel de dureza es óptimo para el consumo humano, ya que no altera el sabor ni provoca incrustaciones o formación significativa de sarro en las tuberías y equipos de distribución, garantizando la aptitud del recurso tanto desde una perspectiva organoléptica como operativa.

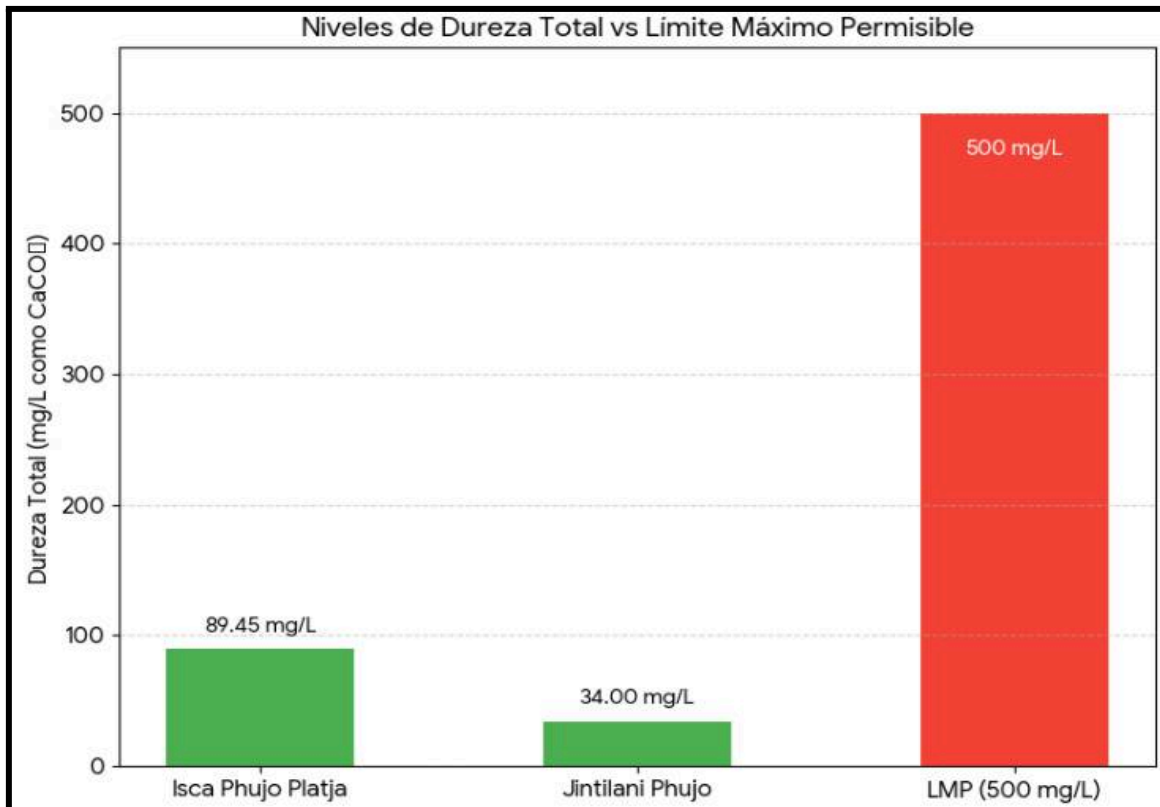


Figura 09: Valor medio de la Dureza Total del agua de los manantiales del centro poblado de Tajquina.

Al contrastar los resultados obtenidos con antecedentes regionales, se observa una fuerte consistencia con los hallazgos de Tique (2025), quien en el sector Barco (Chucuito) reportó valores de dureza total que oscilaron entre 33,60 mg/L y 81,60 mg/L. Los manantiales Isca Phujo Platja (89,45 mg/L) y Jintilani Phujo (34,00 mg/L) se alinean con este patrón, confirmando la predominancia de aguas blandas en la región de Puno. Asimismo, esta baja dureza coincide con la conclusión general de Ordoño (2025), quien también determinó que el parámetro se encontraba dentro de los límites máximos

permisibles en la comunidad de Molloco. La uniformidad de estos datos resalta que el acuífero de Tajquina, al igual que otras fuentes cercanas, presenta baja interacción con minerales de calcio y magnesio, garantizando una calidad fisicoquímica homogénea y favorable para el consumo humano tanto a nivel local como regional.

4.2.8. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Los resultados de sólidos totales disueltos (STD) obtenidos en los manantiales Isca Phujo Platja (10,00 mg/L) y Jintilani Phujo (71,0 mg/L) se encuentran extremadamente bajos en comparación con el Límite Máximo Permisible de 1000 mg/L establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. Estas concentraciones mínimas indican que el agua presenta muy baja mineralización y posee una pureza excepcional. Este bajo contenido de STD garantiza que el agua mantiene una excelente calidad organoléptica, sin riesgo de sabores desagradables, y no provoca incrustaciones ni residuos en los sistemas de abastecimiento.

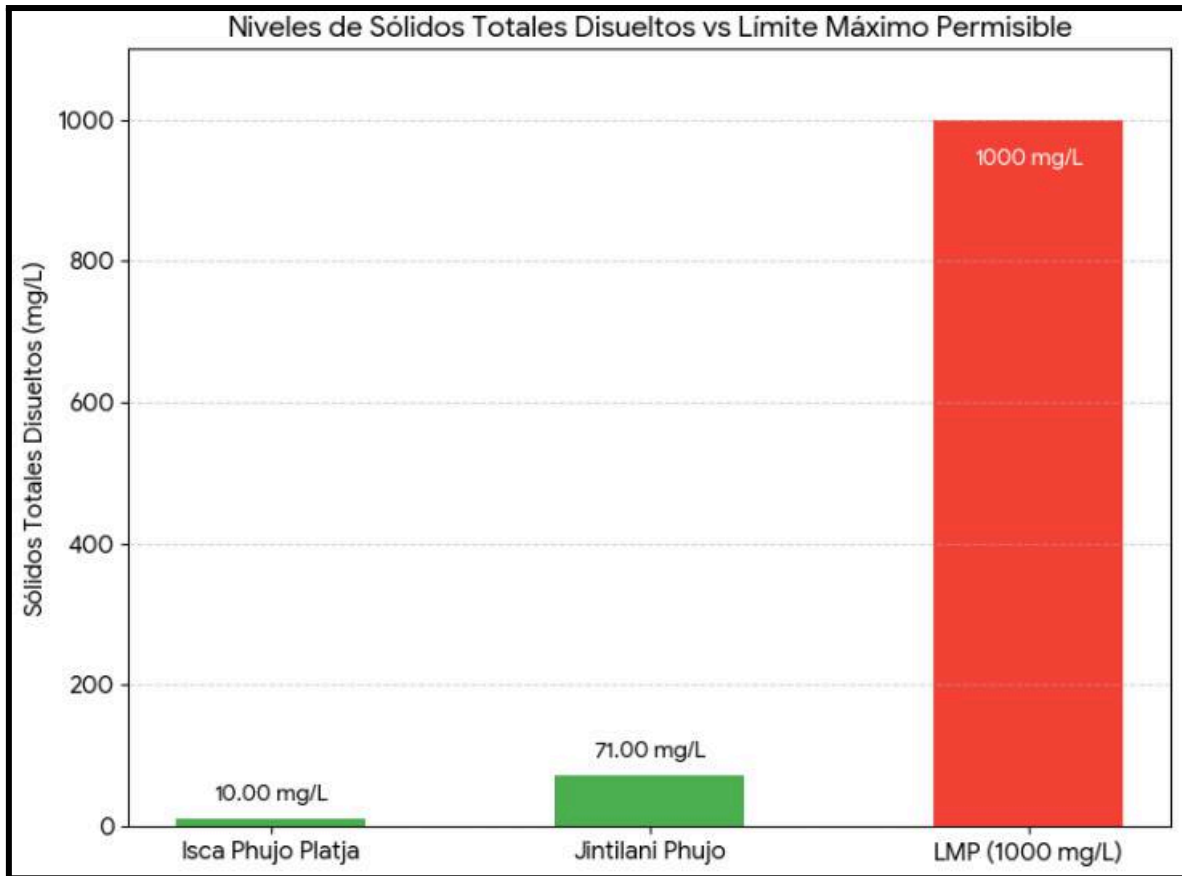


Figura 10: Valor medio de sólidos totales disueltos del agua de los manantiales de la centro poblado de Tajquina.

Al comparar la baja concentración de sólidos totales disueltos (STD) con la conductividad eléctrica, se confirma que los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo presentan baja mineralización, un patrón coherente con diversos estudios regionales. Esta tendencia coincide con los hallazgos de Ordoño (2025), quien en la comunidad de Molloco determinó que los STD se mantenían dentro de los límites permisibles, evidenciando una uniformidad hidroquímica en las fuentes de agua subterránea del sur de Puno. Aunque Tique (2025) no reporta directamente los STD, su registro de baja conductividad en Chucuito respalda indirectamente nuestros resultados, ya que la conductividad es directamente proporcional a los STD. Esta evidencia regional sugiere que las características geológicas del cerro Kakapunku aportan una mínima carga iónica al agua, garantizando una calidad significativamente superior a la que se esperaría en zonas con mayor mineralización o influencia antropogénica.

4.2.9. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE TAJQUINA, DISTRITO DE PUNO, EN RELACIÓN A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)

4.2.9.1 Análisis del parámetro coliformes totales

Los resultados de coliformes totales obtenidos en los manantiales Isca Phujo Platja (0.00 UFC/100 mL) y Jintilani Phujo (0.00 UFC/100 mL) cumplen satisfactoriamente con el Límite Máximo Permisible de 0 UFC/100 mL establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. Este cumplimiento constituye un hallazgo favorable que evidencia la ausencia de contaminación microbiológica y de patógenos asociados, garantizando la aptitud del agua para consumo humano desde una perspectiva bacteriológica. Al no registrarse niveles de contaminación en ninguno de los puntos, se confirma la efectividad de las barreras de protección natural de los manantiales y la ausencia de impacto negativo por actividades humanas o ganaderas en las zonas de captación, lo que permite validar la seguridad sanitaria del recurso y recomienda mantener la vigilancia continua para preservar estas condiciones óptimas de calidad.

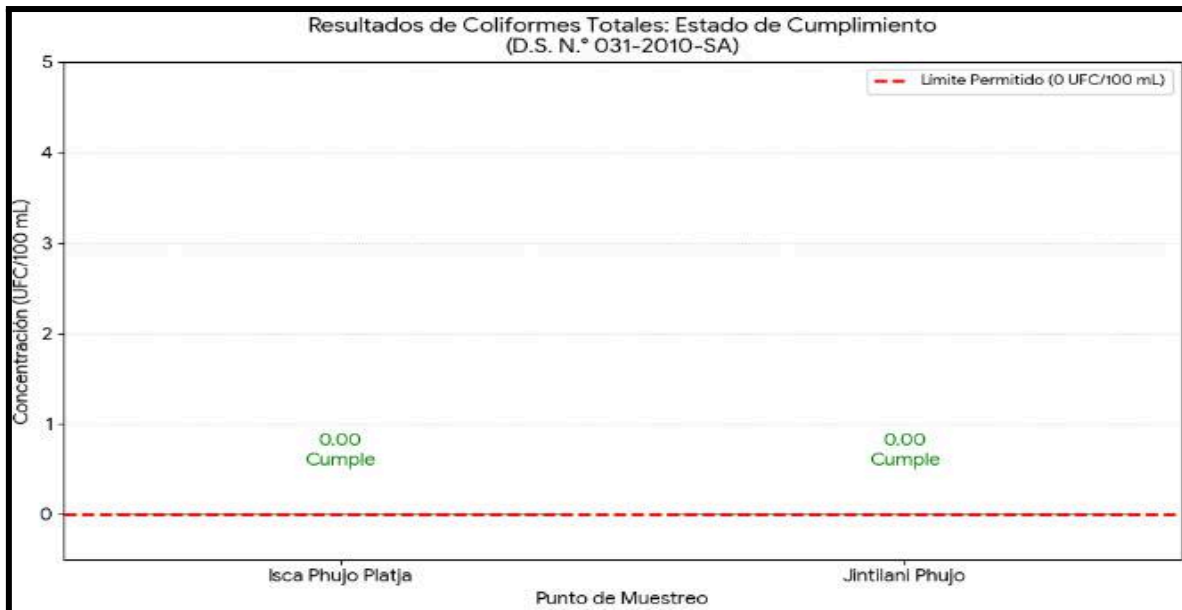


Figura 11: Concentración de coliformes totales en manantiales del centro poblado de Tajquina.

Al contrastar estos resultados de 0.00 UFC/100 mL, se observa que los manantiales evaluados se encuentran en una situación de privilegio sanitario frente a la problemática observada por Gamboa (2024), quien en Lima determinó que una proporción significativa de fuentes no cumplía con el D.S. N.° 031-2010-SA debido a la presencia de coliformes. Mientras que en otros contextos nacionales y en estudios como el de Arango (2024) en Colombia se reporta que los coliformes superan los límites por la ausencia de gestión y el impacto de actividades humanas, los manantiales de Tajquina demuestran una integridad microbiológica total. La ausencia de coliformes detectada confirma que, a diferencia de los casos críticos señalados por ambos autores, estas fuentes cuentan con una protección efectiva; no obstante, esta comparación refuerza la necesidad de mantener programas de monitoreo preventivo y asegurar la continuidad de los procesos de desinfección, como la cloración, para blindar la salud de la población ante cualquier futura vulnerabilidad.

4.2.9.2 Análisis del parámetro coliformes termotolerantes

Los resultados de coliformes termotolerantes obtenidos en los manantiales Isca Phujo Platja (0.00 UFC/100 mL) y Jintilani Phujo (0.00 UFC/100 mL) cumplen estrictamente con

el Límite Máximo Permissible de 0 UFC/100 mL establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA. Esta ausencia total de indicadores de contaminación fecal reciente garantiza que, bajo este parámetro, el agua no presenta evidencia de contacto con desechos humanos o animales, eliminando el riesgo sanitario asociado a patógenos virales o protozoarios en estas fuentes al momento del muestreo. Este cumplimiento refleja una adecuada protección de los puntos de captación frente a escorrentías superficiales, validando la aptitud microbiológica del recurso en lo que respecta a este indicador y subrayando la importancia de mantener la vigilancia sanitaria para preservar estas condiciones de inocuidad.

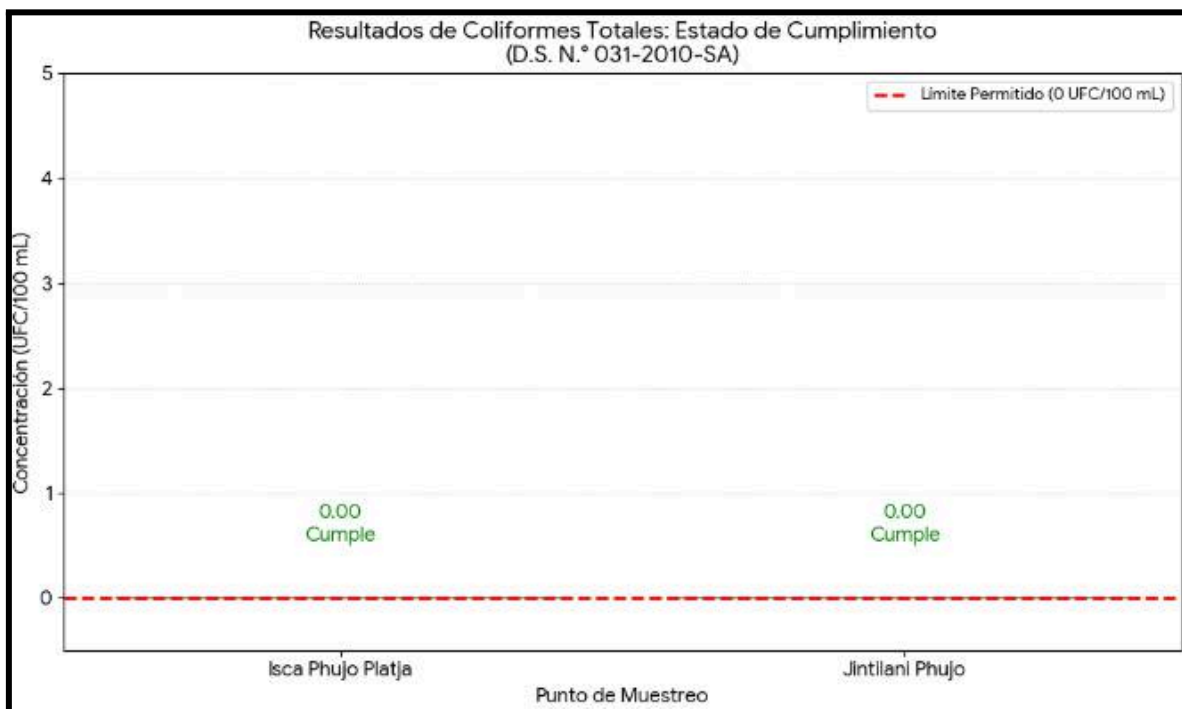


Figura 12: Concentración de coliformes termotolerantes de los manantiales del centro poblado de Tajquina.

Al contrastar estos resultados con antecedentes, se observa que, a diferencia de otros cuerpos de agua en la región donde la contaminación microbiológica es un problema recurrente, los manantiales de Tajquina presentan una calidad óptima con 0.00 UFC/100 mL. Mientras que Aguilar (2025) reportó en el río llave concentraciones elevadas de coliformes termotolerantes (350–1100 NMP/100 mL), los hallazgos en Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo demuestran una protección efectiva frente a la descarga de aguas

residuales domésticas y agrícolas que afecta a otras fuentes en Puno. Asimismo, a diferencia de estudios internacionales como el de Munishi (2024) en Tanzania, donde la calidad del agua estaba “comprometida por la presencia generalizada de *Escherichia coli*”, los manantiales evaluados mantienen su integridad sanitaria. Estos resultados positivos confirman la eficacia de la protección física de las captaciones de montaña en esta zona; no obstante, esta evidencia refuerza la importancia de mantener la vigilancia sanitaria continua y los protocolos de desinfección preventivos para garantizar que el agua permanezca potable y segura de forma permanente.

4.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.3.1. CONTRASTE DE HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis Alterna (Ha):

La calidad del agua de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo, en la comunidad de Tajquina, distrito de Chucuito, Puno – 2025, no cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA.

Hipótesis Nula (Ho):

La calidad del agua de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo, en la comunidad de Tajquina, distrito de Chucuito, Puno – 2025, cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA.

Resultados:

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a las muestras de agua de ambos manantiales evidencian que los parámetros evaluados, tales como color, turbiedad, conductividad eléctrica, pH, cloruros, sulfatos, dureza total, nitratos y sólidos totales disueltos, se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa vigente. Asimismo, los análisis microbiológicos determinaron la ausencia total de coliformes totales y termotolerantes (0 UFC/100 mL) en todas las muestras analizadas.

Conclusión del contraste:

Dado que todos los parámetros evaluados cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la

hipótesis alterna, concluyendo que la calidad del agua de los manantiales es apta para el consumo humano.

4.3.2. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

Hipótesis Alterna (Ha):

La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA.

Hipótesis Nula (Ho):

La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo **no** excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA.

Resultados:

Los resultados obtenidos muestran que los valores de pH, conductividad eléctrica, turbiedad, cloruros, sulfatos, dureza total, nitratos y sólidos totales disueltos se mantienen dentro de los rangos permisibles establecidos por la normativa, evidenciando una adecuada calidad fisicoquímica del recurso hídrico.

Conclusión del contraste:

En función de los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis nula (Ho), confirmándose que los parámetros fisicoquímicos no superan los Límites Máximos Permisibles.

4.3.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Hipótesis Alterna (Ha):

La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA.

Hipótesis Nula (Ho):

La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo no excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA.

Resultados:

Los análisis microbiológicos evidenciaron la ausencia total de coliformes totales y coliformes termotolerantes (0 UFC/100 mL) en todas las muestras analizadas, cumpliendo estrictamente con los criterios establecidos por la normativa sanitaria.

Conclusión del contraste:

Dado que no se detectó contaminación microbiológica, se acepta la hipótesis nula (H_0), confirmando que el agua es microbiológicamente apta para el consumo humano.

4.3.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

Hipótesis Alterna (H_a):

Existe diferencia significativa en la calidad del agua para consumo humano entre los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo de la comunidad de Tajquina, distrito de Chucuito, Puno – 2025.

Hipótesis Nula (H_0):

No existe diferencia significativa en la calidad del agua para consumo humano entre los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo de la comunidad de Tajquina, distrito de Chucuito, Puno – 2025.

Resultados:

La comparación de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos entre ambos manantiales muestra valores similares y dentro de los límites normativos, sin evidenciar diferencias significativas que comprometan la calidad del agua para consumo humano.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La evaluación de la calidad del agua de los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo, en la comunidad de Tajquina del distrito de Chucuito, Puno, determina que esta agua es segura y apta para el consumo humano, cumpliendo satisfactoriamente con todos los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA).

SEGUNDA: Realizados los análisis de laboratorio, se determinó que las características organolépticas y físicas del agua son óptimas: los parámetros de Color, Turbiedad, Conductividad Eléctrica y Sólidos Totales Disueltos cumplen holgadamente con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana en ambos manantiales. Específicamente, se registraron valores de Turbidez muy bajos (< 1 NTU) y una Conductividad Eléctrica reducida ($200.1 \mu\text{S/cm}$ en Isca Phujo Platja y $145.2 \mu\text{S/cm}$ en Jintilani Phujo), lo que garantiza un agua cristalina, de buena apariencia y con una mineralización ligera adecuada para su ingesta directa.

TERCERA: Realizados los análisis de laboratorio, se evaluó la concentración de los parámetros químicos (pH, Cloruros, Sulfatos, Dureza Total y Nitratos) frente a los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SA, determinándose que la calidad química del agua es excelente. Tanto el manantial Isca Phujo Platja como Jintilani Phujo cumplen con todos los límites establecidos: el pH se mantiene en rangos seguros (7.0 y 8.1 respectivamente), y los iones mayoritarios como Cloruros, Sulfatos y Nitratos presentan concentraciones mínimas, muy por debajo de los topes legales. Asimismo, la Dureza Total (89.45 mg/L y 34.00 mg/L) clasifica al recurso como agua blanda, descartando problemas de incrustaciones o sabores desagradables.

CUARTA: Realizados los análisis de laboratorio, la evaluación de los parámetros microbiológicos (Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes) resulta altamente favorable, ya que ambos manantiales cumplen rigurosamente con los estándares de inocuidad. El Reglamento D.S. N° 031-2010-SA establece un Límite Máximo Permisible (LMP) de 0 UFC/100 mL (ausencia), y los resultados reportaron 0 UFC/100 mL para ambos indicadores en las dos fuentes evaluadas. Esto confirma la ausencia de contaminación fecal reciente y garantiza que el agua está libre de patógenos bacterianos, siendo totalmente segura para la salud de la población de Tajquina.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda que la Micro Red de Salud de Chucuito (MINSA) establezca un cronograma de monitoreo periódico de la calidad del agua en los manantiales Isca Phujo Platja y Jintilani Phujo. A pesar de que los resultados actuales son favorables, la vigilancia constante es indispensable para detectar cualquier variación estacional o contaminación futura, complementando esto con campañas de educación sanitaria a la población sobre el manejo seguro del agua en los hogares.

SEGUNDA: La Autoridad Nacional del Agua (ANA), en coordinación con las autoridades comunales, debe delimitar la faja marginal y establecer cercos perimétricos de protección alrededor de los ojos de agua. Esto es vital para garantizar que la ausencia de coliformes se mantenga en el tiempo, impidiendo el ingreso de ganado y animales silvestres que pudieran contaminar la fuente con materia fecal a futuro.

TERCERA: La Municipalidad Distrital de Chucuito debe priorizar la elaboración de un proyecto de inversión pública para la rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura de captación y las redes de distribución, las cuales se encuentran actualmente deterioradas. Es fundamental asegurar que la buena calidad del agua en la fuente no se pierda durante su transporte hacia las viviendas debido a tuberías en mal estado.

CUARTA: A los Pobladores de la comunidad de Tajquina, se les insta a conformar o fortalecer su Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) para gestionar ante la municipalidad la instalación de un sistema de cloración preventivo. Aunque el agua es apta en la fuente, la desinfección residual es un requisito normativo de seguridad para evitar la proliferación de microorganismos durante el almacenamiento y distribución.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Ramos, D. (2025). *Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas del río llave destinada al consumo humano*. Universidad Privada San Carlos. Recuperado de <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1159>
- .Almawatech. (2024). *Dureza total—Glosario—ALMAWATECH*. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://www.almawatech.com/es/aguas-residuales/gesamthaerte/>
- Alvarez. (2025). *Qué es un manantial. Conoce su futuro—Fundación Aquae*. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-manantiales-los-pozos/>
- Arango, M. C. (2008). *CALIDAD DEL AGUA DE LAS QUEBRADAS LA CRISTALINA Y LA RISARALDA, SAN LUIS, ANTIOQUIA*. *Revista EIA*, (9), 121-141.
- Caceres. (2025). *Cloruros en el agua: Niveles, fuentes y soluciones de purificación*. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://www.ecosoft.com/es/post/what-do-chlorides-in-water-tell-us>
- Carbajal. (2025). *pH ¿Qué es y cómo afecta en el agua? Purificación*. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de Carbotecnia website: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-el-ph-del-agua/>
- Chira Fernández, J. E. (2021). *Impacto de los metales pesados del río Mantaro en la aptitud de los suelos agrícolas del sector Jauja-Huancayo, Junín, 2020*.
- Chirinos. (2024). *Características Fisicoquímicas del agua*. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/39>
- Chuquiruna Aguilar, W. H. (2022). *Determinación de la calidad de agua para consumo humano en las fuentes de captación de seis localidades del distrito de La Encañada—Cajamarca, 2022*. Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/4488448>
- Clínica Universidad de Navarra. (2023). *Qué es el nitrato. Diccionario médico*. Clínica U. Navarra. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de

- <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/nitrato>
- Cutimbo. (2023). *Descripción: Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de La Yarada y Los Palos del distrito de Tacna. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJB_e320abd724bc4cafb7ae0207d dc3022d*
- Dongo. (2025). *La importancia del agua para vivir—Fundación Aquae. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/importancia-del-agua/>*
- Espinoza. (2025). *Salud ambiental-Sulfatos. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/sulfats-26202/>*
- Gamboa Ruiz, R. A. (2018). *“Calidad microbiana de las fuentes de agua de mayor consumo humano de la población del Cercado de Lima -Perú”. Repositorio institucional – UNAC. Recuperado de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/3140211>*
- Guillen Zegarra, R. E., y Torres Cornejo, V. K. (2015). *Determinación y Monitoreo de Arsénico en Agua Potable de Fuentes Superficiales y de Manantial, Provistas por Sedapar” Arequipa 2014. Universidad Católica de Santa María. Recuperado de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/4059443>*
- Hanna. (2024). *Turbidez en agua | HANNA Instruments Colombia. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://www.hannacolombia.com/blog/post/1074/turbidez-en-agua?srsId=AfmBOo o9pmBSCImxr6ane6ESYjdTqRQPN1vC4AchpQKLWRuCGOI1PDVn>*
- Ibañez Calderon, W. (2018). *Evaluación de la calidad de agua para el consumo humano en las localidades de Payllas y Miraflores del distrito de Umachiri – Melgar – Puno.*
- Innova. (2023). *Diferencias entre VMA y LMP en el Tratamiento de Agua—Innova Acqua. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://innova-acqua.com/diferencias-entre-vma-y-lmp-en-el-tratamiento-de-agua/>*
- Juarez. (2024). *Sólidos totales y disueltos (TSS y TDS)—Parámetros de calidad del agua*

- | Hach. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://es.hach.com/parameters/solids>
- karls. (2024). *¿Cuáles son los colores del agua?* Recuperado 5 de noviembre de 2025, de Fundación Aquae website: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/colores-agua/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), R. (2024). *Obras de agua y saneamiento en zonas rurales con avance de 90.8%*. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de <https://constructivo.com/noticia/obras-de-agua-y-saneamiento-en-zonas-rurales-con-avance-de-908-1730242207>
- Moss, B. (2008). *Water pollution by agriculture*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 659-666. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2176>
- Munishi, S. (2024). *Domestic and irrigation water quality on the southern slopes of Mount Kilimanjaro*. *Discover Water*, 4(1), 81. <https://doi.org/10.1007/s43832-024-00141-6>
- Neira. (2022). *» Bacterias coliformes en el agua potable ¿Cómo eliminarlas?* Recuperado 5 de noviembre de 2025, de Carbotecnia website: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/>
- Oblitas Terrones, Y. G. (2016). *Identificación de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli aisladas del agua potable del distrito de Cajamarca*.
- Ordoño Quispe, J. (2025). *Calidad del agua del sistema de abastecimiento de la comunidad Molloco del Distrito de Acora, Puno—2024*. Universidad Privada San Carlos. Recuperado de <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1323>
- Pari Quispe, D. (2023). *Presencia de coliformes totales y fecales en Prochilodus nigricans «Boquichico»: Presence of total and fecal coliforms in Prochilodus nigricans «Boquichico»*.
- Piñera. (2021). *¿Qué es el agua? Tipos, composición y funciones—Fundación Aquae*. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de

- <https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-el-agua/>
- Romero Rojas, J. A. (2009). *Calidad del agua*. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Recuperado de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/3113>
- Santana. (2023). *Control de aguas destinadas al abastecimiento*. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico website: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/control-adiciona-zonas-protegidas-abastecimientos.html>
- Sinia. (2023). *PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES | SINIA*. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>
- Sthuwas. (2025). *Fecal Coliform—An overview | ScienceDirect Topics*. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de https://www-sciencedirect-com.translate.goog/topics/engineering/fecal-coliform?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Tique Cruz, H. W. (2025). *Calidad del agua para consumo humano y grado de satisfacción poblacional del sector barco, Distrito de Chucuito—2025*. Universidad Privada San Carlos. Recuperado de <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1467>
- Urbanski. (2024). *Excessive Eutrophication as a Chemical Barrier for Fish Fauna Dispersion: A Case Study in the Emblematic Tietê River (São Paulo, Brazil)*. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de <https://www.mdpi.com/2073-4441/16/10/1383?>
- Vizcarra. (2024). *Agua para consumo humano*. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de

Calidad de Agua website:
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA: MATRIZ DE CONSISTENCIA: CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES DE LA COMUNIDAD DE TAJQUINA EN EL

DISTRITO DE CHUCUITO, PUNO 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMEN SIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍ A
<p>General</p> <p>General</p> <p>-¿Cuál es la calidad del agua de los manantiales de la comunidad en la ciudad de Chucuito, Puno 2025 de acuerdo a los límites máximos permisionables?</p> <p>Específicos</p> <p>-¿Qué parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales de la comunidad de Chucuito, Puno 2025 exceden los límites máximos permisionables (LMP)?</p> <p>-¿Qué parámetros químicos de las aguas de los manantiales de la comunidad de Chucuito, Puno 2025 exceden los límites máximos permisionables (LMP)?</p>	<p>General</p> <p>-Evaluar la calidad del agua de los manantiales de la comunidad de Chucuito, Puno 2025.</p> <p>Específicos</p> <p>-Determinar la concentración de los parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales de la comunidad de Chucuito, Puno 2025, en relación a los límites máximos permisionables (LMP) de acuerdo al D.SN°031-2010-SA.</p>	<p>General</p> <p>-La calidad del agua de los manantiales de la comunidad de Chucuito, Puno 2025, cumple con todas las condiciones de los Límites Máximos Permisionables destinados para consumo humano.</p> <p>Específicos</p> <p>-Algunos parámetros organolépticos del agua procedente de los manantiales de la comunidad de Chucuito, Puno 2025, no cumplen con los Límites Máximos Permisionables establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.</p> <p>-Algunos parámetros químicos del agua procedente de la comunidad de Chucuito, Puno 2025, no cumplen con los Límites Máximos Permisionables establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.</p>	<p>Organoléptico</p> <p>Independiente</p> <p>Manantiales</p>	<p>Color</p> <p>Turbiedad</p> <p>Conductividad eléctrica (CE)</p> <p>Sólidos totales disueltos</p> <p>pH</p> <p>Químico</p>	<p>Diseño: No experimental</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Población y Muestra: Dos manantiales de agua.</p> <p>Técnicas: Guía para la toma de muestras.</p> <p>Instrumentos: Normativa de LMP, D.S N°031-2010-SA y Análisis de Laboratorio.</p>	


<p>2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?</p> <p>- ¿Qué parámetros microbiológicos de las aguas manantiales en la comunidad de chucuito, Puno 2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?</p>	<p>-Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas manantiales de la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN°031-2010-SA.</p>	<p>establecidos en el D.S N°031-2010-SA.</p> <p>- Algunos parámetros microbiológicos del agua procedente de la comunidad de Tajquina en el distrito de Chucuito, Puno 2025, no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S N°031-2010-SA.</p>
	<p>Dependient e</p> <p>Calidad del agua</p>	<p>Nitratos</p> <p>Coliformes totales</p> <p>Coliformes fecales o termotolerantes</p>

Anexo 02: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S.
N°031-2010-SA.

MINISTERIO DE SALUD

No. 031-2010-SA

REPUBLICA DEL PERU



Decreto Supremo

Lima, de..... del.....

APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2° concordante con el artículo 7° de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa;

Que, el artículo 107° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento;

Que, la Décima Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, dispone que el Ministerio de Salud, continuará teniendo competencia en los aspectos de saneamiento ambiental, debiendo formular las políticas y dictar las normas de calidad sanitaria del agua y de protección del ambiente;

Que, mediante Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946, se aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", el cual se encuentra desactualizado y obsoleto en el contexto actual;








Que, resulta necesario establecer un nuevo marco normativo para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sustentado en un enfoque de análisis de riesgo, que proporcione a la Autoridad de Salud instrumentos de gestión modernos y eficaces para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano;

M. Arce R.

E. CRUZ S.

Olivera A.

D. Lora C.



De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 26842 – Ley General de Salud, y la Ley N° 29158 – Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°- Aprobación

Apruébese el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que consta de diez (10) títulos, ochenta y un (81) artículos, doce (12) disposiciones complementarias, transitorias y finales, y cinco (05) anexos, cuyos textos forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

El presente Decreto Supremo con el texto del Reglamento y sus anexos deberán ser publicados en el Portal Institucional del Ministerio de Salud (<http://www.minsa.gob.pe>) el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.



M. Akce R.

Artículo 2°- Derogación

A la entrada en vigencia del presente dispositivo legal, quedará derogada la Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946 que aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", así como toda aquella disposición que se le oponga.



E. CRUZ S.

Artículo 3°- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Salud y de Vivienda, Construcción y Saneamiento.



W. Olivera A.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de septiembre del año dos mil diez.



D. LEÓN CR.



ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

OSCAR UGARTE UBILLUZ
Ministro de Salud

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Ministerio de Salud

**REGLAMENTO DE LA CALIDAD
DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Dirección General de Salud Ambiental
DIGESA



2010

REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1°.- De la finalidad

El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

Artículo 2°.- Objeto

Con arreglo a la Ley N° 26842 - Ley General de Salud, el presente Reglamento tiene como objeto normar los siguientes aspectos:

1. La gestión de la calidad del agua;
2. La vigilancia sanitaria del agua;
3. El control y supervisión de la calidad del agua;
4. La fiscalización, las autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
5. Los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano; y,
6. La difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano.

Artículo 3°.- Ámbito de Aplicación

- 3.1 El presente Reglamento y las normas sanitarias complementarias que dicte el Ministerio de Salud son de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, que tenga responsabilidad de acuerdo a ley o participe o intervenga en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, control, supervisión o fiscalización del abastecimiento del agua para consumo humano, desde la fuente hasta su consumo;
- 3.2 No se encuentran comprendidas en el ámbito de aplicación del presente Reglamento:
 1. Las aguas minerales naturales reconocidas por la autoridad competente; y
 2. Las aguas que por sus características físicas y químicas, sean calificadas como productos medicinales.

Artículo 4°.- Mención a referencias

Cualquier mención en el presente Reglamento a:

- «Reglamento» se entenderá que está referida al presente Reglamento; y
- «Calidad del agua», debe entenderse que está referida a la frase «calidad del agua para consumo humano».

Artículo 5°.- Definiciones

Para efectos del presente reglamento, se debe considerar las siguientes definiciones:

1. Agua Cruda: Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento.
2. Agua Tratada: Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.
3. Agua de Consumo Humano: Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.
4. Camión Cisterna: Vehículo motorizado con tanque cisterna autorizado para transportar agua para consumo humano desde la estación de surtidores hasta el consumidor final.
5. Consumidor: Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo.

Cloro residual libre: Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.

Fiscalización Sanitaria: Atribución de la Autoridad de Salud para verificar, sancionar y establecer medidas de seguridad cuando el proveedor incumpla las disposiciones del



- presente Reglamento y las normas sanitarias de calidad del agua que la Autoridad de Salud emita.
8. Gestión de la calidad de agua de consumo humano: Conjunto de acciones técnico administrativas u operativas que tienen la finalidad de lograr que la calidad del agua para consumo de la población cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en el presente reglamento.
 9. Inocuidad: Que no hace daño a la salud humana.
 10. Límite Máximo Permissible: Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.
 11. Monitoreo.: Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua.
 12. Organización comunal: Son Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento, Asociación, Comité u otra forma de organización, elegidas voluntariamente por la comunidad constituidas con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento.
 13. Parámetros microbiológicos: Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano.
 14. Parámetros organolépticos: Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial.
 15. Parámetros inorgánicos: Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua de consumo humano.
 16. Parámetros de Control Obligatorio (PCO): Son los parámetros que todo proveedor de agua debe realizar obligatoriamente al agua para consumo humano.
 17. Parámetros Adicionales de Control Obligatorio (PACO): Parámetros que de exceder los Límites Máximos Permisibles se incorporarán a la lista de parámetros de control obligatorio hasta que el proveedor demuestre que dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en un plazo que la Autoridad de Salud de la jurisdicción determine.
 18. Plan de Control de la Calidad (PCC) : Instrumento técnico a través del cual se establecen un conjunto de medidas necesarias para aplicar, asegurar y hacer cumplir la norma sanitaria a fin de proveer agua inocua, con el fin de proteger la salud de los consumidores.
 19. Programa de Adecuación Sanitaria (PAS): Es un instrumento técnico - legal aprobado por la Autoridad de Salud, que busca formalizar y facilitar la adecuación sanitaria a los proveedores de agua de consumo humano al presente Reglamento y a las normas sanitarias de calidad del agua que emita la autoridad competente, en donde se establecen objetivos, metas, indicadores, actividades, inversiones y otras obligaciones, que serán realizadas de acuerdo a un cronograma.
 20. Proveedor del servicio de agua para el Consumo Humano: Toda persona natural o jurídica bajo cualquier modalidad empresarial, junta administradora, organización vecinal, comunal u otra organización que provea agua para consumo humano. Así como proveedores del servicio en condiciones especiales.
 21. Proveedores de servicios en condiciones especiales: Son aquellos que se brindan a través de camiones cisterna, surtidores, reservorios móviles, conexiones provisionales. Se exceptúa la recolección individual directa de fuentes de agua como lluvia, río, manantial.
 22. Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano: Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua.
 23. Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control: Sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros que son importantes para la inocuidad del agua para consumo humano.
 24. Sistema de tratamiento de agua: Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano.
- Supervisión: Acción de evaluación periódica y sistemática para verificar el cumplimiento del presente reglamento y de aquellas normas sanitarias de calidad del agua que emita la Autoridad de Salud, así como los procesos administrativos y técnicos de competencia del



- proveedor de agua de consumo humano, a fin de aplicar correctivos administrativos o técnicos que permitan el cumplimiento normativo.
26. Surtidor: Punto de abastecimiento autorizado de agua para consumo humano que provee a camiones cisterna y otros sistemas de abastecimiento en condiciones especiales..

TÍTULO II GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Artículo 6°.- Lineamientos de gestión

El presente Reglamento se enmarca dentro de la política nacional de salud y los principios establecidos en la Ley N° 26842 - Ley General de Salud. La gestión de la calidad del agua para consumo humano garantiza su inocuidad y se rige específicamente por los siguientes lineamientos:

1. Prevención de enfermedades transmitidas a través del consumo del agua de dudosa o mala calidad;
2. Aseguramiento de la aplicación de los requisitos sanitarios para garantizar la inocuidad del agua para consumo humano;
3. Desarrollo de acciones de promoción, educación y capacitación para asegurar que el abastecimiento, la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo, sean eficientes, eficaces y sostenibles;
4. Calidad del servicio mediante la adopción de métodos y procesos adecuados de tratamiento, distribución y almacenamiento del agua para consumo humano, a fin de garantizar la inocuidad del producto;
5. Responsabilidad solidaria por parte de los usuarios del recurso hídrico con respecto a la protección de la cuenca, fuente de abastecimiento del agua para consumo humano;
6. Control de la calidad del agua para consumo humano por parte del proveedor basado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control; y
7. Derecho a la información sobre la calidad del agua consumida.

Artículo 7°.- De la gestión de la calidad del agua de consumo humano

La gestión de la calidad del agua se desarrolla principalmente por las siguientes acciones:

1. Vigilancia sanitaria del agua para consumo humano;
2. Vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por el agua para consumo humano;
3. Control y supervisión de calidad del agua para consumo humano;
4. Fiscalización sanitaria del abastecimiento del agua para consumo humano;
5. Autorización, registros y aprobaciones sanitarias de los sistemas de abastecimiento del agua para consumo humano;
6. Promoción y educación en la calidad y el uso del agua para consumo humano; y
7. Otras que establezca la Autoridad de Salud de nivel nacional.

Artículo 8°.- Entidades de la gestión de la calidad del agua de consumo humano

Las entidades que son responsables y/o participan en la gestión para asegurar la calidad del agua para consumo humano en lo que le corresponde de acuerdo a su competencia, en todo el país son las siguientes:

1. Ministerio de Salud;
 2. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento;
 3. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento;
 4. Gobiernos Regionales;
 5. Gobiernos Locales Provinciales y Distritales;
 6. Proveedores del agua para consumo humano; y
- Organizaciones comunales y civiles representantes de los consumidores.



TÍTULO III
DE LA AUTORIDAD COMPETENTE PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
PARA CONSUMO HUMANO

Artículo 9°.- Ministerio de Salud

La Autoridad de Salud del nivel nacional para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, es el Ministerio de Salud, y la ejerce a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA); en tanto, que la autoridad a nivel regional son las Direcciones Regionales de Salud (DIRESA) o Gerencias Regionales de Salud (GRS) o la que haga sus veces en el ámbito regional, y las Direcciones de Salud (DISA) en el caso de Lima, según corresponda. Sus competencias son las siguientes:

DIGESA:

Establece la política nacional de calidad del agua que comprende las siguientes funciones:

1. Diseñar la política nacional de calidad del agua para consumo humano;
2. Normar la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano;
3. Normar los procedimientos técnicos administrativos para la autorización sanitaria de los sistemas de tratamiento del agua para consumo humano previsto en el Reglamento;
4. Elaborar las guías y protocolos para el monitoreo y análisis de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano;
5. Normar los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano;
6. Normar el procedimiento para la declaración de emergencia sanitaria por las Direcciones Regionales de Salud respecto de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
7. Supervisar el cumplimiento de las normas señaladas en el presente Reglamento en los programas de vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en las regiones;
8. Otorgar autorización sanitaria a los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano de acuerdo a lo señalado en la décima disposición complementaria, transitoria y final del presente reglamento; el proceso de la autorización será realizado luego que el expediente técnico sea aprobado por el ente sectorial o regional competente antes de su construcción;
9. Normar los registros señalados en el presente Reglamento y administrar aquellos que establece el artículo 35°, 36° y 38° del presente Reglamento;
10. Normar el plan de control de calidad del agua a cargo del proveedor, para su respectiva aprobación por la autoridad de salud de la jurisdicción correspondiente;
11. Consolidar y publicar la información de la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano en el país;
12. Realizar estudios de investigación del riesgo de daño a la salud por agua para consumo humano en coordinación con la Dirección General de Epidemiología;
13. Si como resultado de la vigilancia epidemiológica se identifica que alguno de los parámetros a pesar que cumple con el valor establecido en el presente reglamento significa un factor de riesgo al existir otras fuentes de exposición, la Autoridad de Salud podrá exigir valores menores; y
14. Otras responsabilidades establecidas en el presente Reglamento.

DIRESA, GRS o DISA:

1. Vigilar la calidad del agua en su jurisdicción;
2. Elaborar y aprobar los planes operativos anuales de las actividades del programa de vigilancia de la calidad del agua en el ámbito de su competencia y en el marco de la política nacional de Salud establecida por el MINSA - DIGESA;
3. Fiscalizar el cumplimiento de las normas señaladas en el presente Reglamento en su jurisdicción y de ser el caso aplicar las sanciones que correspondan; Otorgar y administrar los registros señalados en el presente Reglamento, sobre los sistemas de abastecimiento del agua para consumo humano en su jurisdicción; Consolidar y reportar la información de vigilancia a entidades del gobierno nacional, regional y local;



6. Otorgar registro de las fuentes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
7. Aprobar el plan de control de calidad del agua;
8. Declarar la emergencia sanitaria el sistema de abastecimiento del agua para consumo humano cuando se requiera prevenir y controlar todo riesgo a la salud, en sujeción a las normas establecidas por la autoridad de salud de nivel nacional;
9. Establecer las medidas preventivas, correctivas y de seguridad, ésta última señalada en el artículo 130° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, a fin de evitar que las operaciones y procesos empleados en el sistema de abastecimiento de agua generen riesgos a la salud de los consumidores; y
10. Otras responsabilidades establecidas en el presente Reglamento.

Artículo 10°.- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en sujeción a sus competencias de ley está facultado para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, a:

1. Prever en las normas de su sector la aplicación de las disposiciones y de los requisitos sanitarios establecidos en el presente Reglamento;
2. Establecer en los planes, programas y proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano la aplicación de las normas sanitarias señalados en el presente Reglamento;
3. Disponer las medidas que sean necesarias en su sector, a consecuencia de la declaratoria de emergencia sanitaria del abastecimiento del agua por parte de la autoridad de salud de la jurisdicción, para revertir las causas que la generaron; y
4. Generar las condiciones necesarias para el acceso a los servicios de agua en niveles de calidad y sostenibilidad en su prestación, en concordancia a las disposiciones sanitarias, en especial de los sectores de menores recursos económicos.

Artículo 11°.- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) está facultada para la gestión de la calidad del agua para consumo, en sujeción a sus competencias de ley, que se detallan a continuación:

1. Formular o adecuar las directivas, herramientas e instrumentos de supervisión de su competencia a las normas sanitarias establecidas en este Reglamento para su aplicación por los proveedores de su ámbito de competencia;
2. Supervisar el cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento en el servicio de agua para consumo humano de su competencia; y
3. Informar a la autoridad de salud de su jurisdicción, los incumplimientos en los que incurran los proveedores de su ámbito de competencia, a los requisitos de calidad sanitaria de agua normados en el presente reglamento.

Artículo 12°.- Gobiernos Locales Provinciales y Distritales

Los gobiernos locales provinciales y distritales están facultados para la gestión de la calidad del agua para consumo humano en sujeción a sus competencias de ley, que se detallan a continuación:

1. Velar por la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
2. Supervisar el cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento en los servicios de agua para consumo humano de su competencia;
3. Informar a la autoridad de salud de la jurisdicción y tomar las medidas que la ley les faculta cuando los proveedores de su ámbito de competencia no estén cumpliendo los requisitos de calidad sanitaria normados en el presente Reglamento; y
4. Cooperar con los proveedores del ámbito de su competencia la implementación de las disposiciones sanitarias normadas en el presente Reglamento.

Lo señalado en los numerales 2 y 3 del presente artículo es aplicable para los gobiernos locales provinciales en el ámbito urbano y periurbano; y por los gobiernos locales distritales en el ámbito rural. Cuando se trate de entidades prestadoras de régimen privado el Gobierno local deberá comunicar a la SUNASS para la acción de ley que corresponda.



TÍTULO IV VIGILANCIA SANITARIA

Artículo 13°.- Vigilancia Sanitaria

La vigilancia sanitaria del agua para consumo humano es una atribución de la Autoridad de Salud, que se define y rige como:

1. La sistematización de un conjunto de actividades realizadas por la Autoridad de Salud, para identificar y evaluar factores de riesgo que se presentan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, desde la captación hasta la entrega del producto al consumidor, con la finalidad de proteger la salud de los consumidores en cumplimiento de los requisitos normados en este Reglamento;
2. Un sistema conducido por la Autoridad de Salud, el cual está conformado por consumidores, proveedores, instituciones de salud y de supervisión de ámbito local, regional y nacional; y
3. El establecimiento de prioridades y de estrategias para la prevención o eliminación de los factores de riesgo en el abastecimiento del agua, que la Autoridad de Salud establezca para el cumplimiento por el proveedor.

Artículo 14°.- Programa de vigilancia

La DIGESA y las Direcciones de Salud o las Direcciones Regionales de Salud o las Gerencias Regionales de Salud en todo el país, administran el programa de vigilancia sanitaria del abastecimiento del agua, concordante a sus competencias y con arreglo al presente Reglamento. Las acciones del programa de vigilancia se organizan de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Registro.- Identificación de los proveedores y caracterización de los sistemas de abastecimiento de agua;
2. Ámbito.- Definición de las zonas de la actividad básica del programa de vigilancia, distinguiendo el ámbito de residencia: urbano, peri urbano y rural, a fin de determinar la zona de trabajo en áreas geográficas homogéneas en cuanto a tipo de suministro, fuente y administración del sistema de abastecimiento del agua;
3. Autorización sanitaria.- Permiso que otorga la autoridad de salud que verifica los procesos de potabilización el agua para consumo humano, garantizando la remoción de sustancias o elementos contaminantes para la protección de la salud;
4. Monitoreo.- Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua;
5. Calidad del agua.- Determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano establecidos en el presente Reglamento; y
6. Desarrollo de Indicadores.- Procesamiento y análisis de los resultados de los monitoreos de la calidad del agua, del sistema de abastecimiento y del impacto en la morbilidad de las enfermedades de origen o vinculación al consumo del agua.

Artículo 15°.- Sistema de información

La DIGESA norma, organiza y administra el Sistema Nacional de Información de la Vigilancia Sanitaria del Agua para Consumo Humano, a través de la estructura orgánica de las DIRESAs, GRSs, DISAs, Gobiernos Locales, Proveedores, Organismos de supervisión y Consumidores.

Artículo 16°.- Difusión de información

La DIGESA consolida la información nacional referente a la calidad del agua, así como las autorizaciones y registros normados en este Reglamento, publicándose y distribuyéndose periódicamente. La DISA o DIRESA o GRS, según corresponda, consolidará la información de su jurisdicción, para lo cual se ajustará a las directivas que sobre la materia la DIGESA emita.

Artículo 17°.- Vigilancia epidemiológica

La Dirección General de Epidemiología (DGE) del Ministerio de Salud es responsable de la organización y coordinación de la vigilancia epidemiológica de las enfermedades vinculadas al consumo del agua y le corresponde:



ANEXO I
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml



ANEXO II
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE
CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L^{-1}	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-} \text{L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{-} \text{L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$	500
11. Amoníaco	mg N L^{-1}	1,5
12. Hierro	mg Fe L^{-1}	0,3
13. Manganeso	mg Mn L^{-1}	0,4
14. Aluminio	mg Al L^{-1}	0,2
15. Cobre	mg Cu L^{-1}	2,0
16. Zinc	mg Zn L^{-1}	3,0
17. Sodio	mg Na L^{-1}	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad



ANEXO III
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
 PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrín	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04



Anexo 03: Manual ASTM D 4448:2001MJ

Lineamientos generales para el muestreo de agua subterránea en pozos de monitoreo

Objetivo: describir las operaciones generales a llevar a cabo antes y durante la toma de muestras de agua subterránea en pozos de monitoreo.

Referencias

Los siguientes lineamientos han sido elaborados sobre la base de los documentos que se citan a continuación:

- ASTM D 4448/01(2013) - Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells
- US EPA SESD PROC-301-R3 Groundwater sampling

-Consideraciones generales

Debido a su fundamental importancia con el objeto de obtener una muestra representativa de las condiciones actuales del acuífero, el procedimiento de muestreo debe ser llevado a cabo por personal capacitado para tal fin, asegurando además, la utilización de dispositivos y materiales adecuados y acondicionados en función de los parámetros a analizar.

- Operaciones iniciales

Como punto de partida se verificará el estado y protecciones del pozo, tomando registro de cualquier anomalía y/o daño observado. A continuación y previo al inicio de las operaciones de purga y extracción de muestras de agua subterránea, deberá constatarse la posible presencia de fase libre no acuosa (FLNA) mediante la utilización de una sonda de interfase; en caso de hallarse no podrá realizarse la toma de muestra de agua y deberá medirse y registrarse la profundidad del nivel freático, y la profundidad y espesor aparente de la Fase Libre No Acuosa (FLNA). Posteriormente, se muestreará la FLNA con bailer descartable o acondicionado para tal fin. El producto colectado será derivado para su análisis tendiente a determinar el corte (GRO/DRO) presente.

-Etapa de purgado

Como etapa previa a la toma de muestra de agua subterránea el pozo debe ser purgado. La operación de purga es un proceso que consiste en la remoción de un cierto volumen de agua del pozo, el cual es reemplazado por una porción de la zona adyacente que es representativa de las características actuales del acuífero. Existen diferentes tipos de métodos de purga; más adelante se describen los más convencionales: método de remoción de un volumen determinado y método de bajo flujo.

Independientemente del tipo de procedimiento a aplicar, es recomendable y deseable practicar la operación de purga de manera de no introducir alteraciones al sistema subterráneo que promuevan, entre otros efectos, la incorporación de material particulado y pérdida de componentes orgánicos volátiles.

-Purgado del pozo: remoción de un volumen determinado

Se considera que el agua ubicada por encima de la zona de filtros tiene un escaso recambio y por consiguiente no posee las características generales del acuífero. Este método de purga consiste en la remoción de un volumen de agua determinado para producir un recambio del agua estancada en el mismo. En general se considera que el pozo está en condiciones de ser muestreado cuando se han removido entre 3 a 5 volúmenes de la columna de agua, lo que puede ser constatado a través de la estabilidad de parámetros físico-químicos tales como pH, conductividad y turbiedad del agua removida. Dicha estabilidad se alcanzará cuando al menos tres lecturas consecutivas muestren variaciones cercanas a: pH +/- 0,1, +/- 3 % conductividad y +/- 10 % para turbiedad

Si luego de remover tres volúmenes de agua los parámetros químicos no se han estabilizado de acuerdo a los criterios arriba expuestos, se deberán remover volúmenes adicionales. Si los parámetros no se han estabilizado dentro de los cinco volúmenes queda a criterio del profesional encargado del muestreo el continuar con el proceso de purgado o comenzar con la etapa de toma de muestras.

Para el cálculo inicial del volumen de la columna de agua presente se necesitará realizar la medición del nivel de agua y conocer parámetros de construcción del pozo tales como diámetro y profundidad

$$V = \pi h d^2 / 4$$

h: nivel de agua

d: diámetro del pozo

V: Volumen de la columna de agua.

A partir de este cálculo podrá estimarse el volumen de agua a remover.

Para pozos de recuperación lenta, se debería evitar purgarlos a sequedad. Esto puede lograrse disminuyendo la velocidad de purga. En algunas situaciones, incluso con baja velocidades de purga, un pozo puede ser bombeado a sequedad. En estas situaciones, esto generalmente constituye una purga adecuada, y el pozo puede ser muestreado cuando ha alcanzado una recuperación suficiente. En este caso por consiguiente no es necesario efectuar la remoción de los tres volúmenes de agua.

-Purgado a bajo flujo ("low flow purging")

Un método alternativo de purga es el método a bajo flujo, el cual está basado en investigaciones que sugieren que velocidades de purga menores a 1 l/min proveen resultados analíticos más reproducibles para análisis de compuestos orgánicos volátiles (VOC's) y metales, que aquellos obtenidos con velocidades de purga altas. El enfoque de muestreo de pozos a bajo flujo se aplica fundamentalmente a pozos que pueden mantener un rendimiento aproximadamente igual a la velocidad de purga.

Tanto la operación de purga como la toma de muestra se realizan a muy bajo caudal de manera de minimizar la perturbación al sistema subterráneo. Utilizando datos específicos de construcción del pozo se determina la profundidad en la que se ubicará la bomba (en general en la porción media zona de filtros) El purgado adecuado se alcanza cuando los parámetros físico-químicos mencionados más arriba se han estabilizado. Los flujos de bombeo generalmente utilizados se encuentran entre (0.1-0.5 ml/min pudiendo llegar a 1l/min) Al inicio del purgado se comienza con velocidades de bombeo aproximadamente de 0.1 l/min, para ir incrementando hacia un valor tal que no cause una depresión del nivel superior a 10 cm. Una vez que el nivel de agua se ha estabilizado y mantenido, se comienza a monitorear los parámetros de campo tales como pH, conductividad, turbiedad, etc. Alcanzada la estabilidad de los mismos se comienza la etapa de muestreo.

(Procedimiento aplicable para pozos de diámetro interno de 25mm o más y de longitud de filtro de 3 m ó menos)

-Equipamiento para la purga

Independientemente del método de purga seleccionado, el equipamiento a utilizar para realizar dicha operación deberá estar construido o revestido con materiales inertes a fin de evitar cualquier contaminación proveniente de los mismos, y será descontaminado y/o acondicionado previo a su uso. Los materiales recomendados son acero inoxidable o teflón.

En cuanto a los flujos de bombeo, como se mencionó anteriormente para el método Low flow se opera a caudales muy restringidos (0.1-0.5 l/min), por lo tanto se deberá disponer de bombas que permitan trabajar a dichos caudales.

-Toma de muestra de agua subterránea

Las muestras serán colectadas de forma tal de causar la menor agitación y perturbación posible al sistema subterráneo. El orden de recolección de muestras será de aquellas destinadas al análisis de analitos más volátiles a menos volátiles.

Cuando se utilice bailer, este será descendido y recuperado en forma lenta, utilizando una soga descartable.

Cuando se aplica el método de bajo caudal, la recolección se realiza directamente de la salida de la tubería del equipo de bombeo.

Como consideraciones generales, las muestras deberían ser transferidas directamente del dispositivo de muestreo al envase acondicionado para tal fin de acuerdo a el/los parámetro/s a investigar.

Las muestras destinadas al análisis de compuestos orgánicos volátiles serán colectadas en primer lugar en viales de vidrio de 40ml provistos con septa y sin dejar en su interior cámara de aire (debe observarse ausencia de burbujas cuando el vial ya cerrado se invierte sobre la palma de la mano, caso contrario recolectar nuevamente la muestra). El caudal para la toma de muestra de VOC's será lo suficientemente bajo para minimizar cualquier efecto de agitación de la muestra. (en general aproximadamente 0.1ml/min)

Anexo 04: Panel fotográfico



Figura 13: Toma de muestras del punto de captación del manantial de Tajquina.



Figura 14: Toma de la última muestra de los manantiales de Tajquina.



Figura 15: Toma de muestras del punto de captación manantial de Tajquina



Figura 16: Conservación de las muestras tomadas del manantial de Tajquina.




Figura 17: Conservación de las muestras tomadas del manantial de Tajquina.



Figura 18: Muestras tomadas para el análisis de los parámetros microbiológicos al laboratorio.

Anexo 05: Resultado de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos del centro poblado de Tajquina.



BHIOS
LABORATORIOS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACRREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-035



INACAL
I. C. Peru
Instituto Nacional de
Acreditación

INFORME DE ENSAYOS N° 7912-2025
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: Bryan Hualzi Gomez
DIRECCIÓN	: Av. Los Reflejos de San Martín # 495
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA POTABLE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Jindani Phujo
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: 0112/2025 18:33 Procedencia: Puno-Puno-Puno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 3350 mL aprox. Compuesta por 01 envase PE de 1000 mL, 01 envase vidrio de 250 mL, para análisis MB, 01 envase PE de 1000 mL, 02 envases PE de 500 mL, 01 envase PE de 100 mL, para análisis PQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de vidrio y polietileno, cerrados y etiquetados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 35 °C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 0794-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 01/12/2025

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:
 El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso. No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
 En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
 En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote correspondiente a las encontradas al momento del muestreo.
 Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente, y no son necesarios este verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
 El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
 BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perechibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
 El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del producto. Está estrictamente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el consentimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
 Cualquier modificación, borrón o añadida, anula el presente Informe de Ensayos.

IMP: 01-PB-E Verbo: 02 Fecha de Emisión: 01/12/2025 Elaborado por: GT/Revisado por: CAC/ Aprobado por: GG

Página 1 de 3

Av. Quilones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
 Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS - calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS - calidad a su servicio

Figura 19: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del centro poblado de Tajquina.

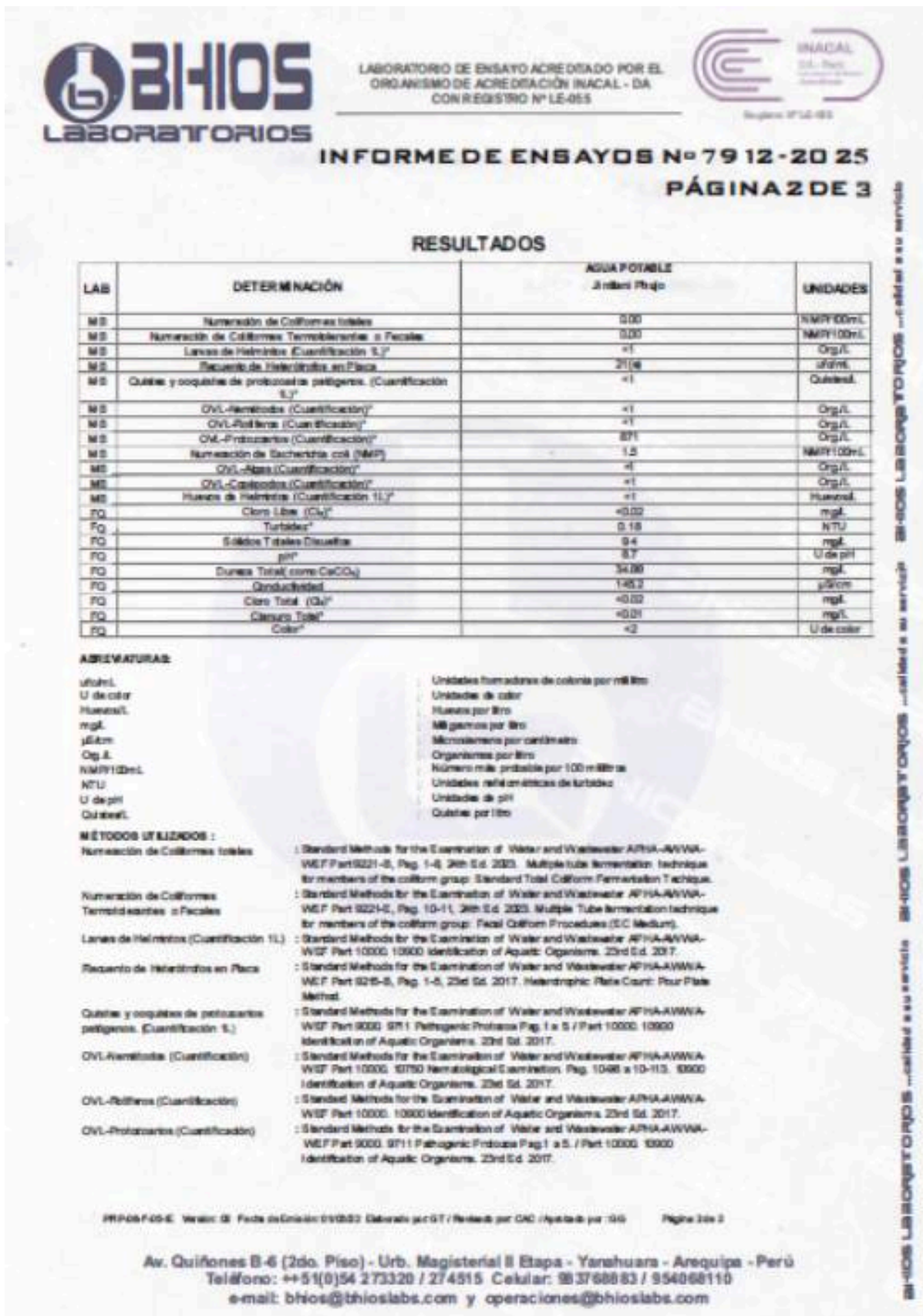


Figura 20: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del centro poblado de Tajquina.



BHIOS
LABORATORIOS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



INACAL
DA - Perú
REGISTRO N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 7912-2025
PÁGINA 3 DE 3

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Metales Totales (DS 031) : EPA MÉTODO 8000 B, Rev. 2, July 2014 (VALIDADO - Method) (VALIDADO -
Aplicado base de blancos) ICD Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry

OBSERVACIONES :
* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
^ Este símbolo indica un exponente.
LD: Límite de cuantificación del método.
Cualquier valor precedido por "N" indica menor al límite de cuantificación del método.
(%) : Recuento estimado.
LD: Límite de detección del método.

Aniones (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA POTABLE Jirón/Thup	UNIDADES
FG	Cloruro Cl ⁻	0.08	0.10	1.31	mg/L
FG	Fluoruro F ⁻	0.001	0.002	0.073	mg/L
FG	Nitrato NO ₃ ⁻	0.08	0.10	7.40	mg/L
FG	Nitrito NO ₂ ⁻	0.002	0.002	<0.0	mg/L
FG	Sulfato SO ₄ ⁻²	0.01	0.10	3.9	mg/L

ASIGNATURAS:
mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Aniones (DS 031) : Environmental Protection Agency - Method 3000 Determination of Inorganic anions
by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1980

OBSERVACIONES :
* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
^ Este símbolo indica un exponente.
LD: Límite de cuantificación del método.
Cualquier valor precedido por "N" indica menor al límite de cuantificación del método.
(%) : Recuento estimado.
LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FG 02/12/2025 al 02/12/2025
MB 02/12/2025 al 02/12/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 02/12/2025



Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PMP-05-F-054C Versión 02 Fecha de Emisión: 01/02/2022 Elaborado por: GT/Revisado por: DAC/ Aprobado por: DG Página 3 de 7

Av. Quilónes B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial 8 Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
 Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768863 / 954068110
 e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

Figura 21: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del centro poblado de Tajquina.



BHIOS
LABORATORIOS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



INACAL
DA - Perú
Organismo de Normas
Acreditado

Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 2211-2025
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: Bryan Hallasi Gomez
DIRECCIÓN	: Av. Los Reflejos de San Martin# 495
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA POTABLE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Isca Phujo PLatja
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: 01/12/2025 10:59 Procedencia: Puno-Puno-Puno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 3350 mL aprox. Compuesta por 01 envase PE de 1000 mL, 01 envase vidrio de 250 mL para análisis MB, 01 envase PE de 1000 mL, 02 envases PE de 500 mL, 01 envase PE de 100 mL para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de vidrio y polietileno, cerrados y etiquetados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.5 °C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 0790-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 01/12/2025

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso. No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.

En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.

Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.

El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.

BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.

El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.

Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-054E Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/09/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 1 de 2

Av. Quífonos B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 214252 / 274515 Celular: 983784251 / 954068985
e-mail: bhios@bhaoslabs.com y operaciones@bhaoslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Figura 22: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del manantial del centro poblado de Tajquina.

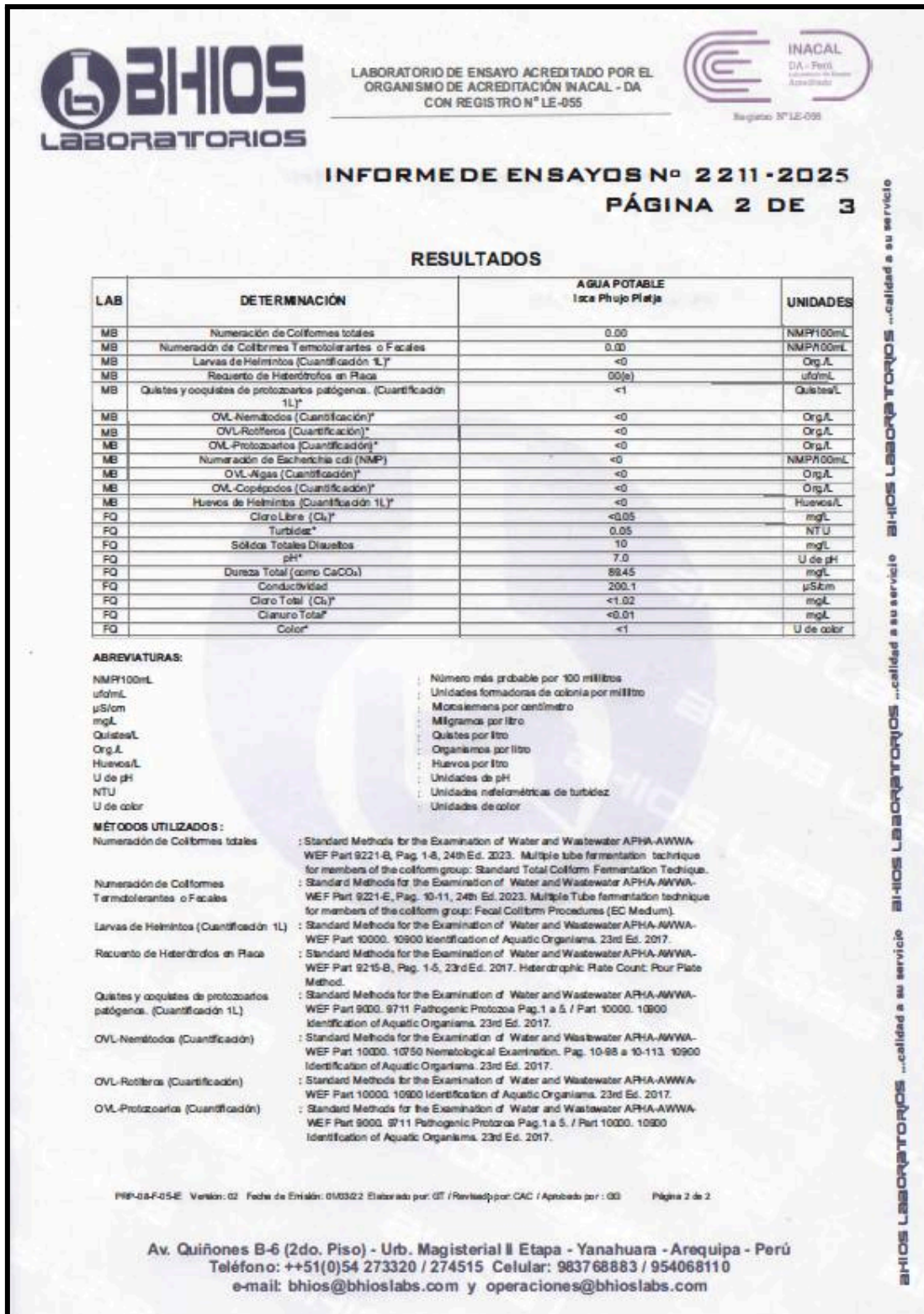


Figura 23: Certificado de análisis de los parámetros microbiológicos de las muestras de del centro poblado de Tajquina.



BHIOS
LABORATORIOS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO Nº LE-055



INACAL
DA - Perú
Instituto Nacional de
Acreditación

Registro Nº LE-055

INFORME DE ENSAYOS Nº 2211 - 2025
PÁGINA 3 DE 3

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Metales Totales (DS 031) : EPA METHOD 8020 B, Rev. 2, July 2014 (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry

OBSERVACIONES :
* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
^: Este símbolo, indica un exponente.
LC: Límite de cuantificación del método.
Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método.
(e) : Recuento estimado.
LD: Límite de detección del método.

Aniones (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA POTABLE Iscá Phujo Ptaja	UNIDADES
FQ	Cloruro (Cl) ⁻ *	0.01	0.10	1.78	mg/L
FQ	Fluoruro (F) ⁻ *	0.001	0.010	0.030	mg/L
FQ	Nitrato (NO ₃) ⁻ *	0.01	0.10	3.93	mg/L
FQ	Nitrato (NO ₂) ⁻ *	0.002	0.020	<0.020	mg/L
FQ	Sulfato (SO ₄) ⁻ *	0.01	0.10	0.89	mg/L

ABREVIATURAS:
mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Aniones (DS 031) : Environmental Protection Agency, Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993

OBSERVACIONES :
* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
^: Este símbolo, indica un exponente.
LC: Límite de cuantificación del método.
Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método.
(e) : Recuento estimado.
LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 02/12/2025 al 02/12/2025
MB 02/12/2025 al 02/12/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 02/12/2025



Bigo, Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PHN46-F05-E Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: OT / Revisado por: CAC / Aprobado por: 00 Página 2 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Figura 24: Certificado de análisis de los parámetros Microbiológicos de las muestras del centro poblado de Tajquina.