

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE

TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026

PRESENTADA POR:

EDWING DARIO ANCCASI QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



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/)



10.34%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 21 APR 2026, 10:07 AM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
2.96%

● CHANGED TEXT
7.37%

Report #32603187

2 EDWING DARIO ANCCASI QUISPE // CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES D EL CENTRO POBLADO DE TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026 RESUMEN La presente investigación se orientó a diagnosticar la aptitud del recurso hídrico para consumo humano en los manantiales Yojo e Intiawki, localizados en el Centro Poblado de Tacasaya, Chucuito (2026), bajo el marco regulatorio de los Límites Máximos Permisibles (LMP) estipulados en el D. 2 S. N.º 031-2010-SA. El diseño metodológico contempló la recolección técnica de muestras y su posterior caracterización en un laboratorio acreditado, evaluando dimensiones organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas esenciales. Los resultados evidenciaron una calidad hídrica excepcional en ambos puntos de captación, manifestando una convergencia absoluta con los umbrales normativos; específicamente, se determinaron niveles óptimos de neutralidad en el pH y claridad en la turbidez, junto con una ausencia total (0.00 NMP/100 mL) de coliformes totales y termotolerantes. En conclusión, el agua proveniente de los manantiales Yojo e Intiawki se certifica como plenamente apta para el abastecimiento poblacional, al garantizar la inocuidad bacteriológica y un equilibrio iónico estable, consolidándose como fuentes estratégicas y seguras para la salud pública de la comunidad de Tacasaya. Palabras clave: Calidad, fisicoquímicos, manantial, microbiológicos, seguridad del agua. ABSTRACT This research aims to assess the suitability of water resources for

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

**CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE
TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026**

PRESENTADA POR:

EDWING DARIO ANCCASI QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

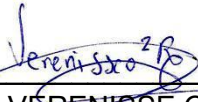
PRESIDENTE

:


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

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 27 de abril del 2026.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación, en primer lugar, a mis padres, Faustino Ancasi Condori y María Quispe Hanco, por su amor, sacrificio, esfuerzo constante y apoyo incondicional a lo largo de toda mi formación académica y personal. Gracias a sus enseñanzas, valores y confianza, he podido culminar esta importante etapa de mi vida profesional.

Asimismo, dedico este trabajo a mis familiares y amigos, quienes, con su compañía, palabras de aliento y apoyo moral estuvieron presentes en los momentos más exigentes del proceso, motivándome a continuar y no rendirme ante las dificultades. Finalmente, dedico este logro a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron y formaron parte de este camino académico, siendo un soporte fundamental para alcanzar este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, expreso mi más profundo reconocimiento por haberme brindado la formación y las herramientas necesarias para llevar a cabo este trabajo de investigación.

De manera especial, manifiesto mi sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, por su orientación académica, dedicación, paciencia y valiosos aportes, los cuales fueron fundamentales para enriquecer la calidad y rigurosidad del presente estudio.

Asimismo, agradezco a los docentes y profesionales que, con sus conocimientos, recomendaciones y constante apoyo, contribuyeron significativamente al fortalecimiento de mi formación académica y al adecuado desarrollo de esta investigación.

Extiendo también mi gratitud a mis compañeros y amigos, quienes con su apoyo moral, colaboración y motivación permanente hicieron más llevadero este proceso.

Finalmente, reconozco y agradezco a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, ofrecieron su comprensión, aliento y respaldo, siendo parte esencial en la culminación de este trabajo y en la consecución de este importante objetivo profesional.

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	14
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.1.2. PROBLEMAS ESPÈCIFICOS	17
1.2. ANTECEDENTES	17
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	17
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	19
1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL	20
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	29
2.2. MARCO CONCEPTUAL	29
2.3. MARCO NORMATIVO	32
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	32
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	32
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	32
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	33
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	34
3.2.1 MUESTRA	34
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	35
3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA	36
3.3.2. MÉTODOS DE LABORATORIO	37
3.3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO	38
3.3.4. MATERIALES	38
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	40
CAPÍTULO IV	
EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026.	41
4.1.1. CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS MANANTIALES YOJO E INTIAWKI RESPECTO A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)	41
	4

4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026.	47
4.2.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLOR	47
4.2.2. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO TURBIEDAD	49
4.2.3. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	50
4.2.4. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO PH	51
4.2.5. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CLORUROS	52
4.2.6. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SULFATOS	53
4.2.7. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DUREZA TOTAL	55
4.2.8. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	56
4.3. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026, EN RELACIÓN A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)	57
4.2.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TOTALES	57
4.2.2. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES	59
4.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS	60
4.4.1. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS GENERAL	60
4.4.2. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	60
4.4.3. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	61
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Límites Máximos Permisibles(LMP)	29
Tabla 02: Coordenadas para las muestras de agua	35
Tabla 03: Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua potableUCV: Unidad de color verdadera	38
Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación	40
Tabla 05: Concentración de los parámetros fisicoquímicos por repetición y media de los manantiales Yojo e Intiawki	42
Tabla 06: Concentración de los parámetros microbiológicos por repetición y media de los Manantiales Yojo e Intiawki.	43
Tabla 07: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Yojo e Intiawki con los LMP D.S N°031- 2010.	44
Tabla 08: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Intiawki con los LMP D.S N°031- 2010.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Localización de la zona objeto de análisis	34
Figura 02: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.	35
Figura 03: Valor del color del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.	48
Figura 04: Valor de la turbiedad del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.	49
Figura 05: Valor de conductividad del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.	50
Figura 06: Valor del pH del agua de los Manantiales del centro poblado de Tacasaya.	51
Figura 07: Valor de Cloruros del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.	52
Figura 08: Concentración de sulfatos del centro poblado de Tacasaya.	53
Figura 09: Valor medio de la Dureza Total del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.	55
Figura 10: Valor medio de sólidos totales disueltos del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.	56
Figura 11: Concentración de coliformes totales en manantiales del centro poblado de Tacasaya.	57
Figura 12: Concentración de coliformes termotolerantes del centro poblado de Tacasaya.	59
Figura 13: Toma de muestras del punto de captación del manantial de Tacasaya.	83
Figura 14: Toma de la última muestra de los manantiales de Tacasaya.	84
Figura 15: Toma de muestras del punto de captación manantial de Tacasaya	85
Figura 16: Conservación de las muestras tomadas del manantial de Tacasaya.	85
Figura 17: Conservación de las muestras tomadas del manantial de Tacasaya.	86
Figura 18: Muestras tomadas para el análisis de los parámetros microbiológicos al laboratorio.	87

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

88

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia: CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026	68
Anexo 02: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. N°031-2010-SA.	69
Anexo 03: Manual ASTM D 4448:2001MJ	81
Anexo 04: Panel fotográfico	83
Anexo 05: Resultado de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos del centro poblado de Tacasaya	88

RESUMEN

La presente investigación se orientó a diagnosticar la aptitud del recurso hídrico para consumo humano en los manantiales Yojo e Intiawki, localizados en el Centro Poblado de Tacasaya, Chucuito (2026), bajo el marco regulatorio de los Límites Máximos Permisibles (LMP) estipulados en el D.S. N.º 031-2010-SA. El diseño metodológico contempló la recolección técnica de muestras y su posterior caracterización en un laboratorio acreditado, evaluando dimensiones organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas esenciales. Los resultados evidenciaron una calidad hídrica excepcional en ambos puntos de captación, manifestando una convergencia absoluta con los umbrales normativos; específicamente, se determinaron niveles óptimos de neutralidad en el pH y claridad en la turbidez, junto con una ausencia total (0.00 NMP/100 mL) de coliformes totales y termotolerantes. En conclusión, el agua proveniente de los manantiales Yojo e Intiawki se certifica como plenamente apta para el abastecimiento poblacional, al garantizar la inocuidad bacteriológica y un equilibrio iónico estable, consolidándose como fuentes estratégicas y seguras para la salud pública de la comunidad de Tacasaya.

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

ABSTRACT

This research aims to assess the suitability of water resources for human consumption from the Yojo and Intiawki springs, located in the Tacasaya community of Chucuito (2026), within the regulatory framework of the Maximum Permissible Limits (MPL) stipulated in Supreme Decree No. 031-2010-SA. The methodological design included the technical collection of samples and their subsequent characterization in an accredited laboratory, evaluating essential organoleptic, physicochemical, and microbiological dimensions. The results demonstrated exceptional water quality at both intake points, showing complete compliance with the regulatory thresholds. Specifically, optimal levels of pH neutrality and turbidity clarity were determined, along with a total absence (0.00 MPN/100 mL) of total and thermotolerant coliforms. In conclusion, the water from the Yojo and Intiawki springs is certified as fully suitable for population supply, guaranteeing bacteriological safety and a stable ionic balance, consolidating itself as strategic and safe sources for the public health of the Tacasaya community.

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

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo de las comunidades, pues garantiza la salud, la producción agrícola y el bienestar social. Sin embargo, la calidad del agua destinada al consumo humano constituye un aspecto crítico que debe ser evaluado constantemente, ya que la presencia de contaminantes físicos, químicos o biológicos puede generar riesgos para la salud pública y afectar la sostenibilidad ambiental.

En el altiplano peruano, los manantiales representan una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para los pobladores rurales.

El centro poblado de Tacasaya, ubicado en el distrito de Chucuito, provincia de Puno, depende en gran medida de estos manantiales para cubrir sus necesidades básicas de consumo y uso doméstico. No obstante, factores como la actividad agrícola, la ganadería, el crecimiento poblacional y la falta de sistemas adecuados de tratamiento pueden influir negativamente en la calidad del agua disponible.

La evaluación de la calidad del agua en los manantiales de Tacasaya resulta fundamental para identificar posibles riesgos sanitarios y ambientales, así como para proponer medidas de gestión que garanticen un acceso seguro y sostenible al recurso hídrico. Este estudio busca analizar las características físico-químicas y microbiológicas del agua, con el fin de determinar si cumplen con los estándares establecidos por la normativa nacional e internacional y, de esta manera, aportar información relevante para la toma de decisiones en beneficio de la comunidad.

El estudio sobre la calidad hídrica de las fuentes naturales del centro poblado de Tacasaya, Puno, se organiza en cuatro capítulos articulados de manera sistemática para dar respuesta al objetivo central de la investigación.

Capítulo I: Se expone el planteamiento del problema, fundamentado en la realidad hídrica de la provincia de Chucuito. En esta sección se integran los antecedentes internacionales, nacionales y regionales que sirven de base para definir los objetivos del trabajo, centrados específicamente en la evaluación de los manantiales Yojo e Intiawki.

Capítulo II: Se establece el sustento teórico y conceptual, abordando las definiciones técnicas sobre potabilidad y el marco normativo peruano (D.S. N.° 031-2010-SA). El capítulo concluye con la determinación de las hipótesis referidas a la aptitud del recurso hídrico evaluado.

Capítulo III: Se detalla la ruta metodológica de la investigación, describiendo el enfoque cuantitativo, la delimitación de la zona de estudio en Tacasaya, así como los rigurosos protocolos de muestreo y las técnicas analíticas aplicadas para asegurar la fiabilidad de los resultados de laboratorio.

Capítulo IV: Se exponen y discuten los hallazgos obtenidos de los manantiales Yojo e Intiawki, efectuando una interpretación técnica exhaustiva de los parámetros físico-químicos y microbiológicos frente a los estándares de calidad vigentes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, la calidad del agua se ha convertido en uno de los retos ambientales más apremiantes, debido a su papel esencial en la salud pública, la seguridad alimentaria, las actividades industriales y la preservación de los ecosistemas acuáticos. La degradación de la calidad del agua producto de la contaminación química, microbiana y los cambios inducidos por actividades humanas genera riesgos significativos para los seres humanos y la biodiversidad, y limita la disponibilidad de agua apta para el consumo, el riego y los procesos industriales. Estudios científicos han demostrado que la contaminación hídrica no solo afecta la salud mediante la propagación de enfermedades transmitidas por el agua, sino que también deteriora funciones ecológicas críticas y plantea desafíos complejos que requieren acciones integradas y políticas de gestión sostenible del agua a escala mundial (Antezana, 2024)

La principal causa del deterioro de los ríos, cuencas y microcuencas a nivel mundial es la descarga de aguas residuales sin tratamiento, junto con vertidos industriales y agrícolas que alteran gravemente las condiciones físico-químicas del agua. Cuando no se aplican controles y tecnologías adecuadas de tratamiento de efluentes en actividades productivas, los contaminantes como metales pesados, nutrientes en exceso, patógenos y residuos químicos se acumulan en los cursos hídricos, reduciendo la calidad del agua e incrementando riesgos tanto para la salud humana como para los ecosistemas acuáticos. Estas descargas degradan el hábitat de muchas especies, amenazan servicios

ambientales esenciales y limitan usos socioeconómicos como el abastecimiento de agua potable o la pesca. Casos emblemáticos de esta problemática incluyen la intensa contaminación del río Tietê en Brasil, afectado por descargas urbanas e industriales a lo largo de São Paulo que provocan altos niveles de contaminación y pérdida de biodiversidad, y los impactos en la cuenca del río Babahoyo en Ecuador, donde factores antropogénicos han deteriorado indicadores de calidad del agua utilizados para riego y consumo (Thomson, 2025).

El Perú enfrenta múltiples desafíos en la gestión sostenible y la protección de sus recursos hídricos debido a la limitada implementación de políticas ambientales eficaces y a la insuficiente infraestructura para el tratamiento de aguas residuales y efluentes industriales. Estas deficiencias han contribuido a la degradación de la calidad del agua en numerosas cuencas y ríos, con consecuencias directas sobre la salud pública, los ecosistemas acuáticos y las actividades económicas locales. La cuenca del río Mantaro, por ejemplo, presenta concentraciones de metales pesados como plomo y arsénico por encima de los estándares ambientales, influenciadas por actividades mineras y descargas sin tratamiento, lo que representa un riesgo significativo para las poblaciones que utilizan esta agua para consumo agrícola y humano. Asimismo, cuencas como las del río Chillón hasta Lima están comprometidas por vertidos urbanos e industriales que agravan la contaminación y limitan el acceso a agua de calidad. Estas situaciones reflejan la necesidad de fortalecer la gobernanza del agua y ampliar las inversiones en saneamiento y monitoreo ambiental para proteger tanto la salud humana como los servicios ecosistémicos asociados a los recursos hídricos peruanos (Ticona, 2023).

En el Perú, persisten brechas significativas en el acceso a servicios básicos de agua potable y saneamiento, con desigualdades marcadas entre zonas urbanas y rurales. A pesar de que la cobertura de agua por red pública es relativamente alta en ciudades, un porcentaje considerable de la población rural aún carece de este servicio, reflejando fuertes brechas territoriales en infraestructura y servicios. Según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), alrededor del 25,3 % de la

población rural no tiene acceso a redes públicas de agua, comparado con solo 4,7 % en áreas urbanas, y el acceso a alcantarillado muestra una desigualdad aún mayor, con aproximadamente 17 % de cobertura rural frente a cerca del 89 % en zonas urbanas. Estas disparidades limitan el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con el agua y el saneamiento y evidencian la necesidad de continuar fortaleciendo las políticas públicas y la inversión en infraestructura sanitaria para avanzar hacia el acceso universal y equitativo a estos servicios esenciales (Gutierrez, 2024).

El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) el organismo rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos (SNGRH) que administra, conserva y protege los recursos hídricos del país ha desarrollado evaluaciones técnicas sobre la calidad del agua superficial en diversas zonas del departamento de Puno. Estas acciones de monitoreo se llevan a cabo conforme al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial, aprobado por la ANA en 2011 y actualizado posteriormente, el cual estandariza los procedimientos para la toma y análisis de muestras y la evaluación frente a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. En el marco de estos programas, entre 2011 y 2020 se sistematizó información sobre la calidad del agua en múltiples localidades del departamento, permitiendo conocer el estado ambiental de ríos, lagunas y otros cuerpos naturales de agua y orientando acciones de gestión y conservación del recurso hídrico en la región (Alvarez Arteaga, 2024).

En el centro poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito, el suministro de agua para consumo humano depende de manantiales locales que carecen de una gestión técnica adecuada. La deficiente infraestructura de captación y la inexistencia de programas de monitoreo sanitario incrementan la vulnerabilidad del recurso ante posibles contaminantes. Debido a esto, se vuelve indispensable realizar una evaluación integral de los parámetros organolépticos, químicos y microbiológicos de estas fuentes hídricas durante el año 2025. Este estudio proporcionará la base técnica necesaria para asegurar

el cumplimiento de los estándares de calidad y garantizar la salud de la población mediante un sistema de agua segura.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la calidad del agua de manantiales del centro poblado de Tacasaya distrito de Chucuito, 2026 de acuerdo a los límites máximos permisibles?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito, 2026 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?

- ¿Qué parámetros químicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito, 2026 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?

- ¿Qué parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito, 2026 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Mengstie (2023), en su investigación realizó un diagnóstico integral de la aptitud del agua para consumo humano en infraestructuras urbanas: Evidencias desde Hawassa” tuvo como propósito determinar la calidad fisicoquímica y el riesgo sanitario del agua desde su captación en manantiales hasta los grifos domiciliarios. El estudio analizó parámetros como turbidez, pH, conductividad, fluoruros y cloro residual, comparando los hallazgos con las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los resultados revelaron que, si bien el pH (media de 7.45) y los Sólidos Totales Disueltos (media de 142.79 mg/L) se mantuvieron dentro de rangos aceptables, la turbidez en las fuentes alcanzó una media de 24.5 NTU, superando significativamente el límite recomendado de 5 NTU, lo cual indica una protección deficiente de las captaciones. Asimismo, se detectó una ausencia crítica de cloro residual en la red de distribución, concluyendo que existe un

riesgo elevado de contaminación microbiológica secundaria que compromete la seguridad del agua entregada a la población.

Ticoná (2023), analizó la aptitud del agua subterránea para consumo humano e irrigación en contextos de aridez: Un estudio de caso en Yamena, Chad” tuvo como objetivo principal determinar la idoneidad fisicoquímica de los recursos hídricos subterráneos utilizados por poblaciones vulnerables. La investigación analizó parámetros críticos como pH, conductividad eléctrica (CE) y la presencia de iones mayoritarios (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), comparándolos con los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los resultados revelaron que las aguas presentan una naturaleza neutra, con un pH oscilando entre 6.40 y 7.57, y una mineralización de muy débil a débil, reflejada en una conductividad eléctrica de 92 a 590 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Hidroquímicamente, se identificó una dominancia del tipo de agua bicarbonatada cálcica-magnésica (Ca-Mg-HCO_3). Se concluyó que, en términos de salinidad y alcalinidad, el recurso es apto tanto para el consumo humano como para el riego agrícola, no presentando riesgos inmediatos de sodificación para los suelos de la región.

Thomson (2025), el estudio denominado “Análisis de la aptitud del recurso hídrico para uso agrícola: Estudio comparativo en tres regiones de Nigeria” se enfocó en cuantificar la presencia de metales pesados y determinar la seguridad del agua para la agricultura y el abastecimiento doméstico. Se recolectaron muestras de ríos, perforaciones y pozos, comparando los hallazgos con los estándares nacionales (NESREA) y de la OMS. Los resultados indicaron que, aunque metales como el sodio (Na) y cobre (Cu) se mantuvieron bajo los límites, las concentraciones de manganeso (Mn), plomo (Pb) y cadmio (Cd) excedieron los Límites Máximos Permisibles (LMP), lo cual se atribuyó a actividades industriales y urbanas locales. Para el riego, los índices calculados como el Porcentaje de Sodio Soluble (SSP) de 22.85 y la Relación de Adsorción de Sodio (SAR) de 8.69 confirmaron que el agua es agronómicamente segura, a pesar de los riesgos toxicológicos detectados para el consumo humano directo.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Espinoza (2024), en su tesis titulada “Diagnóstico de los estándares de potabilidad del agua destinada al consumo humano en la comunidad de Colpa Pampa, Chota(2025)” tuvo como objetivo determinar si el recurso hídrico abastecido a la población cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP). La metodología fue de tipo cuantitativa longitudinal, recolectando 16 muestras en puntos clave como la captación, el reservorio y piletas domiciliarias para analizar indicadores fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados mostraron que los parámetros físicos como la turbiedad (0.11 a 0.33 NTU) y químicos como el pH (7.35 a 7.67) y los Sólidos Disueltos Totales (58 a 419 mg/L) se mantuvieron dentro de los rangos normativos. Sin embargo, el análisis microbiológico fue crítico: se detectó la presencia de coliformes totales y termotolerantes en todos los puntos evaluados, excediendo los límites de 0 UFC/100 mL establecidos por el D.S. N° 031-2010-SA. En conclusión, el estudio determinó que, aunque el agua tiene buenas características fisicoquímicas, no es apta para el consumo directo debido al alto riesgo biológico, requiriendo un sistema de desinfección inmediato.

Carlos (2020), en su investigación titulada “Análisis de los estándares de potabilidad del recurso hídrico de la quebrada Rumiycu con fines de abastecimiento poblacional: Caso Moyobamba, 2024”, el objetivo principal fue determinar si la fuente superficial cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y la normativa de agua potable. La metodología fue descriptiva transversal, recolectando muestras en época de estiaje y lluvia para analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados mostraron una gran variabilidad: mientras que el pH (7.1 - 7.5) y la conductividad se mantuvieron estables, la turbiedad alcanzó valores de 18.5 UNT en época de lluvias, superando el límite de 5 UNT. En cuanto al análisis biológico, se cuantifican coliformes termotolerantes con picos de 160 NMP/100 mL, lo que excede ampliamente el estándar de 0 NMP/100 mL del D.S. N° 031-2010-SA. Se concluyó que el agua cruda presenta una

carga bacteriana crítica y sedimentos elevados, por lo que el tratamiento convencional actual es insuficiente para garantizar la inocuidad en los meses de alta precipitación.

Mariño (2024), en su tesis denominada “Evaluación de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua destinada al consumo poblacional en el sector de San Luis, Amarilis - 2025” tuvo como objetivo diagnosticar el estado del recurso hídrico proveniente de manantiales captados artesanalmente. La investigación aplicó un diseño no experimental, evaluando parámetros como dureza, nitratos, sulfatos y bacterias coliformes. Los análisis fisicoquímicos revelaron que el agua es de tipo blanda, con una dureza total promedio de 45 mg/L CaCO₃ y nitratos en 2.1 mg/L, valores muy por debajo de los límites máximos (500 mg/L y 50 mg/L respectivamente). Sin embargo, el análisis microbiológico identificó contaminación fecal reciente, con recuentos de coliformes fecales de hasta 24 UFC/100 mL. En conclusión, aunque el agua posee excelentes propiedades químicas naturales, la falta de protección en la captación permite el ingreso de contaminantes externos, haciéndola no apta para el consumo directo sin desinfección previa.

1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL

Waldir (2024), en su tesis titulada “Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las fuentes de agua de manantial para uso poblacional: Estudio de caso en el distrito de Acora, Puno – 2024”, el objetivo fue determinar la aptitud del agua subterránea utilizada por las comunidades rurales de la zona alta. La investigación adoptó un enfoque descriptivo, recolectando muestras en época de estiaje y lluvia en seis manantiales de la microcuenca. Los resultados físico químicos mostraron que el agua posee una mineralización moderada, con una conductividad eléctrica promedio de 580 μ S/cm y una dureza total de 145 mg/L, valores que cumplen con el D.S. N° 031-2010-SA. Sin embargo, el análisis microbiológico fue desfavorable: se reportó la presencia de coliformes totales en el 83% de los manantiales, con recuentos que oscilaron entre 24 y 150 NMP/100 mL, superando el límite de 0 NMP/100 mL. El estudio concluyó que la

contaminación es producto del pastoreo de ganado cerca de las áreas de recarga y la falta de cercos perimétricos, recomendando la protección inmediata de los ojos de agua. Antezana (2024), en su investigación denominada “Evaluación de los parámetros sanitarios del agua de fuentes subterráneas y su incidencia en la salud pública: Caso de los pozos tubulares en la urbanización Taparachi, Juliaca - 2025 ” tuvo como propósito diagnosticar la seguridad hídrica en zonas periurbanas que carecen de conexión a la red pública. El estudio analizó parámetros críticos como arsénico, nitratos y bacterias en 20 pozos familiares. Los análisis químicos evidenciaron concentraciones preocupantes: se detectaron niveles de nitratos de hasta 48 mg/L, rozando el límite máximo permisible de 50 mg/L, y una dureza total elevada que alcanzó los 480 mg/L CaCO₃ en ciertos puntos. En el ámbito biológico, la contaminación fue generalizada, encontrándose *Escherichia coli* en concentraciones de 12 a 35 UFC/100 mL. En conclusión, se determinó que la infiltración de letrinas cercanas y la falta de alcantarillado han comprometido el acuífero, clasificando el agua como no apta para el consumo humano sin tratamiento previo de ósmosis o coloración intensa.

Arteaga (2024), en su estudio “Análisis de la concentración de metales pesados y caracterización fisicoquímica de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Ramis: Estudio de caso en el sector Asillo, Puno - 2024” tuvo como objetivo evaluar el impacto de la actividad minera y agrícola en la calidad del agua utilizada para riego y ganadería. La metodología incluyó el muestreo en cuatro estaciones de monitoreo a lo largo del río, comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 3. Los resultados revelaron que, si bien el pH se mantuvo neutro (7.4 – 7.8), la turbidez alcanzó picos de 120 NTU en temporada de lluvias. Más crítico fue el hallazgo de metales: se registraron concentraciones de Manganeso (Mn) de 0.45 mg/L y Arsénico (As) de 0.04 mg/L, superando los valores recomendados para riego de vegetales de tallo corto. La investigación concluyó que el agua presenta restricciones de uso debido a la toxicidad por metales, lo que podría generar bioacumulación en los cultivos y afectar la salud del ganado local.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad del agua de los manantiales del centro poblado De Tacasaya distrito de Chucuito, 2026.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales del centro poblado De Tacasaya distrito de Chucuito, 2026, 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 del centro poblado De Tacasaya distrito de Chucuito, 2026, 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 del centro poblado De Tacasaya distrito de Chucuito, 2026, 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 funcionan como ventanas naturales del acuífero, permitiendo que el agua subterránea brote a la superficie impulsada por una compleja interacción entre la geología del terreno, la presión hidráulica y el clima local. Su existencia es fundamental no solo para dar continuidad al ciclo hidrológico, sino porque actúan como verdaderos indicadores biológicos; su caudal y calidad nos cuentan la historia real sobre la salud ambiental y el equilibrio del ecosistema donde se ubican (Flores, 2025).

2.1.2. CALIDAD DE AGUA

Garantizar el acceso a agua de calidad trasciende la simple supervivencia biológica; constituye el pilar fundamental sobre el que se sostiene el bienestar de las comunidades y el desarrollo sostenible. No obstante, la integridad de este recurso es vulnerable a una compleja interacción de fuerzas: por un lado, factores naturales como la geología del terreno y el clima moldean su composición original; por otro, la intervención humana —a través de la agricultura, la minería y el vertido de residuos— suele alterar su equilibrio químico. Para diagnosticar la salud del agua, los parámetros fisicoquímicos (como el pH, la turbidez, la conductividad y los iones mayoritarios) actúan como indicadores esenciales, revelándose la presencia de contaminantes o excesos minerales que podrían comprometer su aptitud para el consumo humano (García, 2024).

2.1.3. AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO

El suministro de agua potable no solo cumple una función biológica esencial, sino que actúa como el determinante principal de la salud pública y la prevención epidemiológica. Según la Organización Mundial de la Salud (2022), la potabilidad debe garantizar la ausencia absoluta de riesgos microbiológicos, químicos o radiactivos. A pesar de que las Naciones Unidas lo reconocen como un derecho humano vital para el progreso social, la estabilidad de las fuentes de captación es frágil. Actualmente, los ecosistemas hídricos —como manantiales y reservorios— sufren una degradación sistemática causada por actividades humanas, destacando el impacto de la minería, la agricultura industrial y la deficiente gestión de aguas residuales (Gutierrez, 2024).

2.1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

La potabilidad de un recurso hídrico, es imprescindible ejecutar un análisis integral que considere la "firma" natural y los impactos antropogénicos. Los parámetros químicos, tales como el pH y la presencia de nitratos o sulfatos, cuantifican la estabilidad del sistema hídrico; específicamente, la conductividad eléctrica funciona como un trazador directo de la salinidad total. Por otro lado, la turbidez no es solo una medida estética, sino un parámetro crítico de control: niveles excesivos de partículas en suspensión pueden inhibir los procesos bactericidas y facilitar la proliferación de microorganismos, vinculando directamente las propiedades físicas con el riesgo microbiológico (Gutierrez, 2024).

2.1.4.1 Parámetros Físicos

a. Color

El color como parámetro de control en la potabilización: Más allá de su valor estético, la coloración del agua funciona como un trazador de los componentes químicos presentes en la fuente. Estos cambios en la claridad responden a la interacción de partículas que, según su origen, pueden provenir del arrastre de suelos ricos en materia orgánica o de la descarga de efluentes contaminantes. La importancia de evaluar este parámetro radica en su capacidad para alertar sobre riesgos invisibles: un agua con alta intensidad de color es un indicativo de inestabilidad hidrogeoquímica. Técnicamente, esto se traduce en una

barrera para los procesos de tratamiento, ya que las partículas responsables del color pueden blindar a los microorganismos frente a la cloración, comprometiendo la seguridad sanitaria del suministro (Pimentel, 2024).

b. Turbidez

La turbidez se define como la interferencia visual provocada por partículas diminutas y sedimentos que impiden el paso libre de la luz en el agua. Este factor, condicionado tanto por la erosión natural como por la intervención humana, se mide en unidades NTU y es un pilar de la salud pública. Superar el umbral de 5 NTU no solo genera un aspecto desagradable para el consumidor, sino que crea un peligro invisible: las partículas suspendidas sirven de refugio para microorganismos dañinos, protegiéndolos del cloro. Por ello, reducir la turbidez es un paso técnico obligatorio; sin claridad, no hay garantía de que el proceso de desinfección sea realmente efectivo (Flores, 2024).

c. Conductividad

La conductividad eléctrica actúa como una medida del potencial del agua para conducir corriente, fenómeno que depende estrictamente de la densidad de especies iónicas y electrolitos en solución. Esta variable opera como un indicador indirecto de la carga inorgánica total, permitiendo mapear la huella mineralógica de la fuente hídrica. Es vital subrayar que este parámetro se especializa en la detección de variaciones en la salinidad y la presencia de solutos metálicos o sales, mas no tiene capacidad de respuesta ante contaminantes de origen orgánico carentes de carga o agentes biológicos. En consecuencia, su monitoreo resulta estratégico para identificar alteraciones químicas provocadas por el arrastre natural de sedimentos o por vertidos de origen humano que alteren la estabilidad del acuífero (Ticona, 2023).

d. Sólidos Totales Disueltos

La existencia de partículas sólidas en el medio acuático deriva, principalmente, de los procesos de degradación y arrastre de los horizontes del suelo, quedando atrapadas en la columna de agua de forma mecánica. Más allá del deterioro visual que provocan al modificar la claridad y las propiedades cromáticas del agua, estos componentes sirven

como sustrato para el desarrollo de microorganismos y fitoplancton. En términos de salud pública, una densidad alta de estos materiales representa un riesgo crítico; no solo funcionan como vehículos para sustancias tóxicas adheridas, sino que también neutralizan la eficacia de las etapas de tratamiento, reduciendo la confiabilidad del agua distribuida a los hogares (Hawassa, 2023).

2.1.4.2 Parámetros Químicos

a. Potencial hidrógeno (pH)

El nivel de acidez o alcalinidad es el termómetro químico que define si el agua es apta para la vida y el consumo humano. Al ser una escala logarítmica, pequeños cambios numéricos representan grandes variaciones en la composición del agua. Niveles extremos son señales inequívocas de alerta ambiental, ya sea por causas geofísicas o por impacto humano. La precisión de este análisis depende totalmente de su ejecución inmediata en el sitio de captación, ya que el contacto prolongado con el aire altera los resultados reales. Controlar el pH es fundamental para asegurar que el agua no sea corrosiva ni facilite la disolución de metales tóxicos que pongan en peligro la salud pública. (Flores, 2024).

b. Cloruros

La concentración de cloruros en las fuentes de agua responde a una doble dinámica: la disolución mineral de depósitos salinos naturales y el impacto de actividades humanas, como el vertido de aguas residuales y el arrastre de fertilizantes agrícolas. En la caracterización hidroquímica, este anión es una variable crítica; niveles superiores a los 250 mg/L no solo degradan la palatabilidad del recurso al conferirle un gusto salino, sino que actúan como agentes catalizadores de la corrosión galvánica en las redes de tuberías. Consecuentemente, el análisis de cloruros funciona como un indicador de alerta temprana sobre procesos de salinización o contaminación externa, siendo vital para garantizar la vida útil de la infraestructura y el cumplimiento de los estándares de potabilidad (WHO, 2023).

c. Sulfatos

La presencia de sulfatos en el agua, derivada de la lixiviación de minerales o de la actividad humana, es un factor determinante para calificar la seguridad del recurso. Mantener los niveles por debajo de los 250 mg/L es vital para evitar problemas digestivos en los usuarios y prevenir el colapso de las redes de distribución por corrosión metálica. El monitoreo de este elemento no es solo una exigencia legal en el Perú, sino una estrategia operativa para detectar de forma temprana cualquier anomalía en los manantiales. De esta manera, se protege la salud colectiva y se prolonga la vida útil de los sistemas de agua potable en comunidades como Tacasaya (WHO, 2023).

d. Dureza Total

Se entiende por dureza a la suma de las concentraciones de elementos metálicos multivalentes, donde la influencia del magnesio y el calcio define el comportamiento químico del agua. El análisis diferencia entre el componente temporal, vinculado a los bicarbonatos, y el permanente, derivado de aniones más estables. A pesar de la carencia de riesgos biológicos por su ingesta, una dureza elevada es un factor crítico de deterioro técnico: provoca la formación de incrustaciones minerales en la infraestructura y reduce el rendimiento de los agentes limpiadores. Por consiguiente, categorizar el agua según su nivel de dureza es fundamental para preservar la integridad de la red de distribución y garantizar una experiencia de uso satisfactoria para la población (Pimentel, 2024).

e. Nitratos

El contenido de nitratos es un factor determinante para calificar el agua como apta para el consumo humano. Un exceso de este componente, derivado principalmente de la agricultura y la falta de saneamiento, representa un peligro químico directo que puede afectar la salud de los niños al reducir la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Además, un aumento en los niveles de nitratos señala que la fuente de agua está siendo afectada por contaminantes externos, lo que podría llevar a un deterioro irreversible del recurso. Implementar un monitoreo riguroso permite tomar medidas preventivas,

garantizando que el agua entregada a la comunidad de Tacasaya no solo sea transparente, sino técnicamente segura a nivel molecular (WHO, 2023).

2.1.4.3 Parámetros microbiológicos

a. Coliformes Totales

El monitoreo de bacterias coliformes es el "semáforo" sanitario que indica si el agua de los manantiales está protegida o si ha sido vulnerada por materia orgánica. No se trata solo de cumplir con la ley, que prohíbe cualquier rastro de estas bacterias en el agua de bebida, sino de contar con una herramienta de alerta temprana. Detectar coliformes permite localizar problemas en las tuberías o reservorios antes de que se conviertan en una crisis de salud pública. Mantener este indicador en cero es la meta fundamental para que el centro poblado de Tacasaya acceda a un servicio de agua seguro, minimizando la posibilidad de brotes infecciosos y garantizando el bienestar de las familias (WHO, 2023).

b. Coliformes fecales

La detección de coliformes fecales en el agua es la prueba definitiva de que la fuente ha sido contaminada por residuos orgánicos recientes. Estos microorganismos son utilizados como "señales de peligro" que indican que el agua podría transmitir bacterias peligrosas para la salud de las familias. Cumplir con la meta de 0 UFC/100 mL no es solo un requisito legal, sino una condición de supervivencia para la población; cualquier cifra superior indica que el sistema de tratamiento o captación ha fallado. Mantener una vigilancia rigurosa sobre este parámetro es la mejor herramienta para asegurar que el agua de Tacasaya no sea un vehículo de infecciones y para validar que los procesos de limpieza del agua funcionan correctamente (WHO, 2023).

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

Entendemos el agua como el recurso más crítico de la naturaleza, presente desde las cumbres nevadas hasta el interior de cada célula viva. Su función es transversal: sin ella no existe seguridad en el campo, competitividad en la industria ni estabilidad en los climas. Gracias a su naturaleza como solvente y su estabilidad ante cambios de temperatura, el agua actúa como el gran regulador de la Tierra. Por ello, investigar la pureza y las características del agua en lugares como los manantiales de Tacasaya es un

paso fundamental; es la única forma de validar técnicamente la salud de nuestro entorno y asegurar que este derecho fundamental siga sosteniendo la vida humana y ambiental en el largo plazo (Flores, 2024).

Control de la condición del agua destinada al consumo humano.

La vigilancia de la calidad del agua es la herramienta más potente para prevenir crisis sanitarias y garantizar que el derecho humano al agua sea efectivo. Analizar cómo interactúan el pH, la turbidez y los coliformes permite a los gestores del agua identificar si la captación ha sido vulnerada. Al seguir las estrictas directrices internacionales y nacionales, se protege a la comunidad de enfermedades de origen hídrico. Este "escudo preventivo" demanda que el monitoreo no sea esporádico, sino una práctica constante que abarque desde los manantiales hasta el hogar. Solo con un control técnico riguroso se puede transformar el abastecimiento de agua en un verdadero motor de bienestar y desarrollo para zonas como Tacasaya (Antezana, 2024).

Calidad bacteriológica del agua.

Para que el agua sea considerada apta para el consumo, es imprescindible demostrar que no contiene bacterias vinculadas a la contaminación fecal. El uso de coliformes y E. coli como "centinelas" de salud permite a los responsables del agua identificar si la captación, como la de los manantiales, está siendo afectada por agentes externos. No se trata solo de cumplir con una normativa, sino de garantizar que el agua no sea un vehículo de transmisión para enfermedades graves. La ausencia total de estas bacterias es el único indicador real de que el sistema de tratamiento funciona y de que la población de Tacasaya recibe un recurso biológicamente seguro (WHO, 2023).

Coliformes totales

El monitoreo de bacterias coliformes funciona como un "sensor" biológico que detecta si el agua de los manantiales o reservorios ha estado en contacto con contaminantes externos. No se trata solo de un requisito legal de "cero bacterias", sino de una medida preventiva: si aparecen coliformes, el sistema de protección ha fallado. Este análisis es fundamental para identificar puntos críticos en las tuberías o tanques donde el agua

podría estancarse o contaminarse. Mantener un control riguroso de este indicador asegura que el agua en Tacasaya no sea solo un líquido transparente, sino un recurso técnicamente seguro que promueva el desarrollo sostenible y la salud de sus habitantes. (Lopez, 2023).

Coliformes Fecales

La detección de coliformes fecales en el agua es la prueba definitiva de que la fuente ha sido contaminada por residuos biológicos recientes. Estos microorganismos son utilizados como "señales de peligro" que indican que el agua podría transmitir bacterias peligrosas para la salud de las familias. Cumplir con la meta de 0 UFC/100 mL no es solo un requisito legal, sino una condición de seguridad básica; cualquier cifra superior indica que el sistema de tratamiento o captación ha sido vulnerado. Mantener una vigilancia rigurosa sobre este parámetro es la mejor herramienta para asegurar que el agua no sea un vehículo de infecciones y para validar que los procesos de limpieza funcionan correctamente (Gutierrez, 2024).

Límite Máximo Permisible (LMP)

Los Límites Máximos Permisibles son el "techo" de seguridad que no debe sobrepasarse para que el agua sea considerada potable. Funcionan como una herramienta de diagnóstico que separa el agua segura de aquella que podría causar enfermedades. Al utilizar las guías de salud internacionales y las leyes nacionales como referencia, los gestores del agua pueden identificar fallas en la captación o en la limpieza del recurso. Controlar que cada parámetro físico y microbiológico se mantenga bajo su respectivo LMP es la única forma de validar técnicamente que el agua es apta para beber. Esta rigurosidad técnica es lo que permite que una comunidad, como la de Tacasaya, confíe en que su suministro de agua es un motor de bienestar y no una fuente de contagio (Waldir, 2024).

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 del centro poblado de Tacasaya distrito de Chucuito - 2026, 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 del centro poblado de Tacasaya distrito de Chucuito - 2026, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.
- Algunos parámetros químicos del agua procedente del centro poblado de Tacasaya distrito de Chucuito - 2026, no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S N °031-2010-SA.
- Algunos parámetros microbiológicos del agua procedente del centro poblado de Tacasaya distrito de Chucuito - 2026, 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

La zona de intervención comprende el Centro Poblado de Tacasaya, ubicado en el distrito de Chucuito, a una altitud aproximada de 3,826 metros. El estudio (año 2026) se centró en diagnosticar la seguridad hídrica de los manantiales Yojo e Intiawki, los cuales dependen estrechamente del ciclo hidrológico regional. El clima de la provincia de Puno, con veranos que alcanzan los 20 °C e inviernos de 4 °C, condiciona la química y la biología del agua. Dado que las lluvias en esta zona no superan los 527 mm al año, la recarga de estos manantiales es sensible a los cambios estacionales. Por ello, la investigación integra estos factores ambientales para validar si el agua de Yojo e Intiawki mantiene sus propiedades de potabilidad bajo las presiones climáticas actuales.

- Coordenada manantial Yojo : 15°55'30.8" S 69°53'16.6" W
- Coordenada manantial Intiawki: 15°55'22.2" S 69°53'11.3" W



Figura 01: Localización de la zona objeto de análisis

Fuente: Google Earth Pro

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

La investigación se enfoca en la población del Centro Poblado de Tacasaya, vinculando su salud directamente con la calidad de los manantiales Yojo e Intiawki. Estas fuentes son el motor del sistema de agua local en el distrito de Chucuito, proveyendo el volumen necesario para las actividades diarias de las familias. Se han seleccionado estos manantiales específicos por ser los ejes de captación más importantes de la zona. Analizar su aptitud técnica no es solo una tarea científica, sino un imperativo social, ya que cualquier alteración en Yojo o Intiawki impacta de forma inmediata en la calidad de vida y el desarrollo sanitario de los ciudadanos de Tacasaya

3.2.1 MUESTRA

La fase de campo de esta investigación se concentró en los manantiales Yojo e Intiawki, fuentes clave para el suministro local. Se extrajeron muestras de 1000 mL bajo protocolos estandarizados que garantizan la limpieza y estabilidad del recurso captado. La prioridad fue asegurar que las propiedades del agua permanecieran constantes durante el transporte al laboratorio, cumpliendo con todas las normas vigentes de muestreo

ambiental. Gracias a este control sistemático, los resultados obtenidos en el periodo 2026 poseen la confiabilidad necesaria para dictaminar la aptitud del agua para consumo humano, minimizando errores por manipulación o contaminación cruzada.

Tabla 02: Coordenadas para las muestras de agua

PUNTO DE CAPTACIÓN			PUNTO DE CAPTACIÓN		
Muestra	UTM	Volumen	Muestra	UTM	Volumen
	➤ 15°55'3		➤ 15°55'2		
Yojo	0.8"	S 1000 ml	Intiawki	2.2"	S 1000 ml
	69°53'16.6" W		69°53'11.3" W		

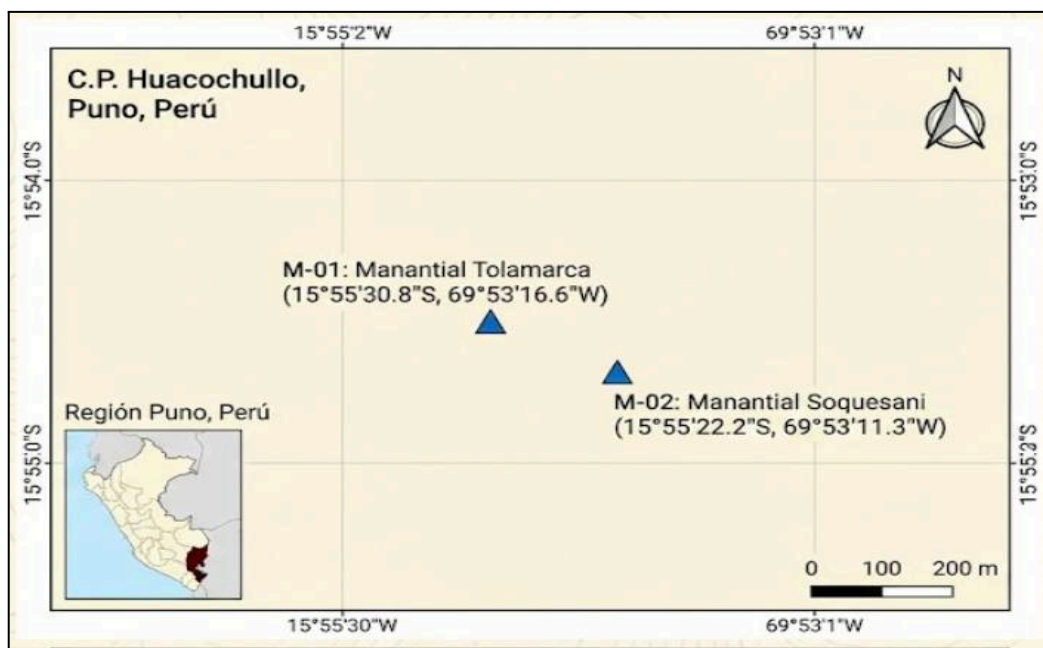


Figura 02: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Fuente: Arc Gis

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Tipo de investigación:

Descriptivo correlacional

Diseño de investigación

No experimental - Transversal o Sincrónica

3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA

El monitoreo hídrico realizado en 2026 integró los protocolos nacionales de salud para el tratamiento de muestras ambientales. La estrategia aplicada en los manantiales Yojo e Intiawki garantizó que cada litro recolectado mantuviera sus propiedades intactas mediante una logística de transporte optimizada y segura. Al seguir la Directiva Sanitaria vigente, se eliminaron variables externas que pudieran sesgar los análisis de laboratorio, logrando una trazabilidad completa del recurso. Este nivel de precisión técnica permite que el diagnóstico final sobre la calidad del agua en Tacasaya sea exacto, fundamentando las decisiones de gestión hídrica sobre evidencias científicas robustas y libres de errores procedimentales.

a) **Protocolo de Recolección y Preservación de Muestras de Agua**

Con el fin de asegurar la precisión de los datos analíticos, la fase de campo en los manantiales Yojo e Intiawki se desarrolló bajo rigurosos estándares de esterilidad. Se emplearon frascos de polipropileno de 1000 mL, caracterizados por su estabilidad química para evitar la transferencia de impurezas. La recolección se efectuó mediante inmersión a una profundidad de entre 15 y 25 cm, técnica que permite obtener el recurso en flujo dinámico, eludiendo la capa superficial y los sedimentos del fondo que podrían sesgar los valores de turbidez y la densidad bacteriana. Como paso previo a la toma definitiva, se realizó el enjuague triple del recipiente con el agua de la fuente para estabilizar el material y garantizar que la muestra fuera representativa de la composición real del acuífero.

Una vez obtenidas las muestras, se inició la cadena de frío utilizando contenedores térmicos con geles refrigerantes, conservando una temperatura constante de $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta medida es fundamental para detener la actividad biológica y evitar la degradación de los componentes químicos antes de su procesamiento. Para el traslado desde Chucuito hasta el laboratorio, se utilizó un sistema de protección contra impactos y un etiquetado técnico detallado que incluyó coordenadas y sellos de seguridad. La entrega se formalizó

en un periodo menor a las 24 horas, respetando los plazos de validez técnica necesarios para asegurar la exactitud de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos para este periodo 2026.

3.3.2. MÉTODOS DE LABORATORIO

Para que los resultados de los manantiales Yojo e Intiawki tengan validez oficial, la investigación se apoyó en los reglamentos nacionales de salud ambiental. Primero, se usó la Norma Técnica Peruana 214.005 para que el muestreo fuera impecable y sin errores de contaminación. Segundo, se aplicó el Reglamento de la Calidad del Agua (D.S. 031-2010-SA) para decidir si el agua es realmente apta para las familias de Tacasaya. Este marco legal es el que separa el agua segura de la riesgosa, permitiendo que este trabajo de 2026 cuente con el rigor científico y la legalidad necesaria para diagnosticar la salud de las fuentes de agua de la comunidad.

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 potableUCV: Unidad de color verdadera

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

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:

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM
Recolección y Preservación	Frascos estériles (Vidrio/PE)
	Botellas de plástico (1 L)
	Hielera con acumuladores de frío (Ice packs)
	Agua destilada
Seguridad (EPP)	Guantes de látex/nitrilo
	Mandil / Guardapolvo
	Casco de seguridad
Registro y Campo	GPS / Mapa georreferenciado
	Cámara fotográfica
	Cuaderno de apuntes (Bitácora)
	Rotulador indeleble y etiquetas
Gabinete y Logística	Baterías
	Laptop (Proc. i7 12va Gen)
	Movilidad (Transporte)

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 DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026.

4.1.1. CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS MANANTIALES YOJO E INTIAWKI RESPECTO A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)

Para determinar si el agua de los manantiales Yojo e Intiawki es apta para el consumo, se ejecutó un plan de muestreo que abarcó desde el aspecto visual y físico hasta la composición química y bacteriológica detallada. Se analizaron elementos como la conductividad, el pH y los niveles de nitratos y cloruros, los cuales funcionan como trazadores clave de la pureza del agua. La investigación realizada en 2026 no solo recolectó datos, sino que los sometió a un juicio técnico frente a las leyes de salud pública peruanas. Al comparar los resultados con los límites de seguridad permitidos, se logró un diagnóstico preciso sobre la salud de las fuentes hídricas en Tacasaya, proporcionando una garantía científica sobre la calidad del recurso que llega a los hogares.

Tabla 05: Concentración de los parámetros fisicoquímicos por repetición y media de los manantiales Yojo e Intiawki

RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS POR MANANTIAL				
MANANTIAL			Yojo	Intiawki
Ítem	Parámetro	Unidad		
1	Color	Pt/Co	<4	<1
2	Conductividad Eléctrica	μS/cm	250	102
3	pH	Und . pH	7,2	7,0
4	Cloruros	meq/L	149	120
5	Sulfatos	meq/L	170	161
6	Sólidos Totales Disueltos	mg/L	398	385
8	Nitratos	meq/L	6,5	7,0
9	Turbiedad	NTU	2	2
10	Dureza Total	mg/L	199	174

La interpretación técnica de los hallazgos en los manantiales Yojo e Intiawki para el periodo 2026 revela una calidad hídrica sobresaliente bajo una firma hidrogeoquímica

neutra, donde los valores de pH de 7.2 y 7.0, sumados a una turbidez mínima de 2 NTU, confirman la estabilidad y transparencia del recurso en el acuífero de Tacasaya. Existe una divergencia clara en la dinámica de mineralización, ya que el manantial Yojo manifiesta una mayor interacción litológica con una conductividad de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una dureza de 199 mg/L, contrastando con la composición más ligera de Intiawki, cuya conductividad de 102 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y dureza de 174 mg/L sugieren una renovación hídrica más reciente. Este comportamiento se refleja también en los aniones, con Yojo registrando niveles superiores de cloruros (149 meq/L) y sulfatos (170 meq/L) frente a Intiawki (120 y 161 meq/L respectivamente), aunque ambos manantiales mantienen niveles de nitratos marginales (6.5 y 7.0 meq/L) que se sitúan muy por debajo de los límites de riesgo, ratificando la aptitud sanitaria de estas fuentes para el abastecimiento seguro en la jurisdicción de Chucuito.

Tabla 06: Concentración de los parámetros microbiológicos por repetición y media de los Manantiales Yojo e Intiawki.

Resultados de los parámetros microbiológicos por manantial				
	MANANTIAL		YOJO	INTIAWKI
Ítem	Parámetro	Unidad		
1	Coliformes Totales	UFC/100 mL	00,00	00,00
2	Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	00,00	00,00

Los perfiles microbiológicos obtenidos para los manantiales Yojo e Intiawki en el año 2026 revelan una integridad sanitaria excepcional, fundamentada en la ausencia total de microorganismos indicadores con registros de 0 NMP/100 mL tanto para coliformes totales como termotolerantes. Esta condición de pureza bacteriológica es un indicador determinante de la eficacia de las barreras geológicas naturales de Tacasaya, confirmando que las fuentes no han sido vulneradas por infiltraciones de deyecciones

humanas o animales, ni por actividades antropogénicas en el entorno inmediato de las captaciones. Al alinearse estrictamente con los criterios de inocuidad del D.S. N.º 031-2010-SA y los lineamientos de la OMS, se dictamina que el recurso hídrico analizado posee una aptitud biológica óptima, garantizando que su suministro no representa un vector de riesgo para patologías de transmisión hídrica y validando la seguridad del consumo directo para la población de Chucuito al momento de la investigación.

Tabla 07: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Yojo e Intiawki con los LMP D.S N°031- 2010.

COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MEDIA DE LOS PARÁMETROS DEL MANANTIAL YOJO				
PARÁMETROS	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	LMP	VALORACIÓ N
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS				
Color		<4	15	Cumple
Conductividad (CE)	µS/cm	250	1500	Cumple
pH	Und . pH	7,2	6,5 a 8,5	Cumple
Cloruros Cl	mg/L	149	250	Cumple
Sulfatos	mg/L	170	250	Cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	398	1000	Cumple
Dureza Total	mg/L	6,5	500	Cumple
Nitratos	mg/L	2	50	Cumple

**COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MEDIA DE LOS PARÁMETROS DEL
MANANTIAL YOJO**

Turbiedad	NTU	199	5	Cumple
Parámetros Microbiológico				
Coliformes	UFC/100	00,00	0(*)	Cumple
Totales	mL			
Coliformes	UFC/100	00,00	0(*)	Cumple
Termotolerantes	mL			

El diagnóstico consolidado en la Tabla 07 certifica que el manantial Yojo posee una aptitud sanitaria y fisicoquímica óptima, cumpliendo con rigor los estándares del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA). En la dimensión fisicoquímica, el recurso destaca por su transparencia y pureza estética, registrando una turbiedad de 2 NTU y un color inferior a 4 Pt/Co, indicadores que se sitúan significativamente por debajo de los umbrales de alerta sanitaria.

La estabilidad del manantial queda demostrada por un pH de 7.2, que garantiza una neutralidad ideal, y una mineralización equilibrada reflejada en una conductividad de 250 μ S/cm y sólidos totales disueltos de 398 mg/L, valores que aseguran un suministro inofensivo para la salud y la infraestructura. En el ámbito biológico, la ausencia total de microorganismos indicadores (0.00 UFC/100 mL) ratifica la bioseguridad de la fuente, confirmando que la protección natural del acuífero en Tacasaya impide la infiltración de contaminantes externos. Por lo tanto, se dictamina que el manantial Yojo es una fuente apta para el abastecimiento poblacional, libre de riesgos epidemiológicos al momento de la investigación.

Tabla 08: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Intiawki con los [LMP D.S N°031- 2010](#).

COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MANANTIAL INTIAWKI				
Parámetros	Unidad	Concentración	LMP	Valoración
Parámetros fisicoquímicos				
Color		<1	15	Cumple
Conductividad (CE)	µS/cm	102	1500	Cumple
pH	Und. pH	7,0	6,5 a 8,5	Cumple
Cloruros Cl	meq/L	120	250	Cumple
Sulfatos	meq/L	161	250	Cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	385	1000	Cumple
Dureza Total	CaCO ₃	7,0	500	Cumple
Nitratos	meq/L	2	50	Cumple
Turbiedad	NTU	174	5	Cumple
Parámetros Microbiológico				
Coliformes Totales	UFC/100 mL	00,00	0(*)	Cumple
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	00,00	0(*)	Cumple

La evaluación de los parámetros del manantial Intiawki, detallada en la Tabla 08, confirma una calidad hídrica excepcional que satisface plenamente las exigencias del D.S. N.º 031-2010-SA. En la dimensión fisicoquímica, el recurso destaca por una estabilidad y

transparencia notables, registrando una turbiedad de 2.0 NTU y un pH neutro de 7.0; este último valor es particularmente favorable, ya que optimiza los futuros procesos de desinfección y garantiza la ausencia de sabores metálicos o tendencias corrosivas.

Asimismo, la mineralización del manantial se caracteriza por ser ligera y equilibrada, con una conductividad de 102 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y sólidos disueltos de 385 mg/L, cifras que se ubican muy por debajo de los límites de riesgo. La dureza de 174 mg/L lo clasifica como agua moderadamente suave, ideal para la protección de las redes de tuberías. No obstante, el resultado más trascendental es su inocuidad microbiológica, al reportar una ausencia absoluta (0.00 UFC/100 mL) de indicadores bacterianos. Este hallazgo ratifica que la fuente Intiawki está protegida contra contaminantes externos, certificándose como una fuente sanitariamente segura para el consumo de la población de Tacasaya al momento del diagnóstico..

4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026.

4.2.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLOR

La determinación de la coloración, analizada mediante la escala de Platino-Cobalto (Pt/Co), reveló que los manantiales Yojo e Intiawki presentan niveles de < 4 UC y < 1 UC respectivamente. Estas cifras se sitúan significativamente por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 15 UC estipulado en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA).

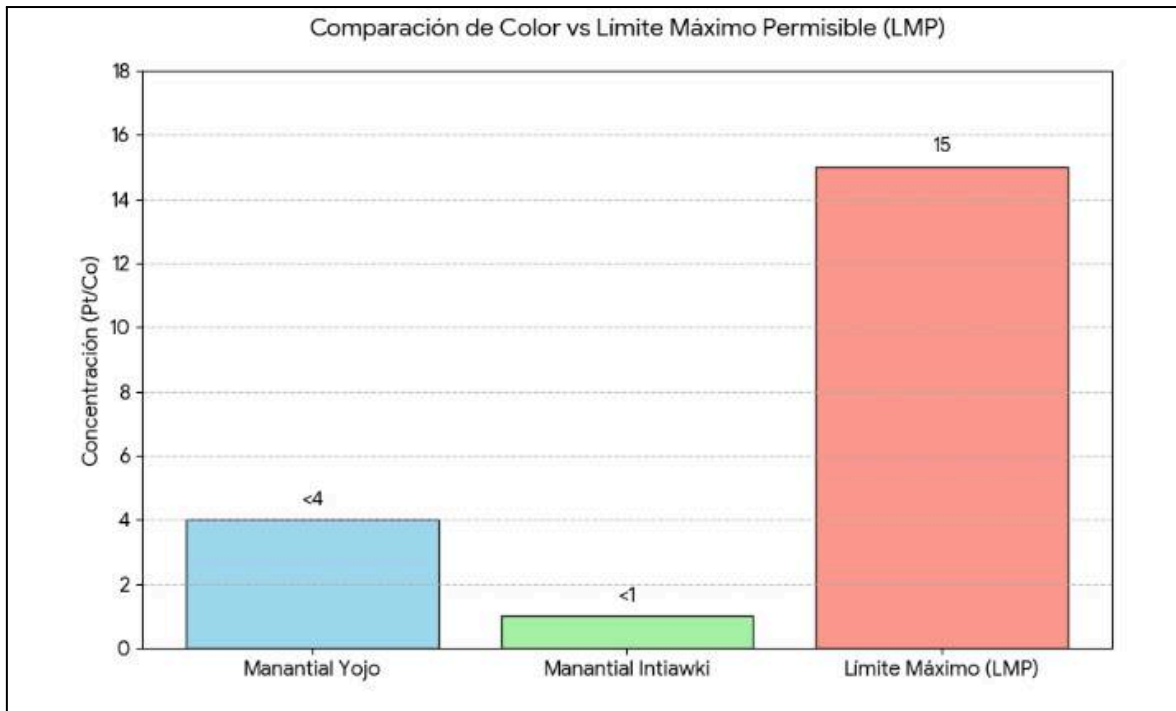


Figura 03: Valor del color del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.

Los resultados obtenidos en los manantiales Yojo e Intiawki, con valores de color de < 4 Pt/Co y < 1 Pt/Co respectivamente, evidencian una calidad organoléptica superior que cumple con el D.S. N.º 031-2010-SA. Esta transparencia absoluta del recurso en Tacasaya marca una diferencia significativa con lo reportado por Mengstie (2023) en Hawassa, quien halló una turbidez media de 24.5 NTU. Aunque Mengstie no detalla el color en unidades de platino-cobalto, su alta turbidez sugiere una presencia elevada de material suspendido que compromete la estética del agua, atribuyéndose a una protección deficiente de las captaciones; un escenario opuesto al de la presente investigación donde la filtración natural del acuífero garantiza un agua incolora.

4.2.2. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO TURBIEDAD

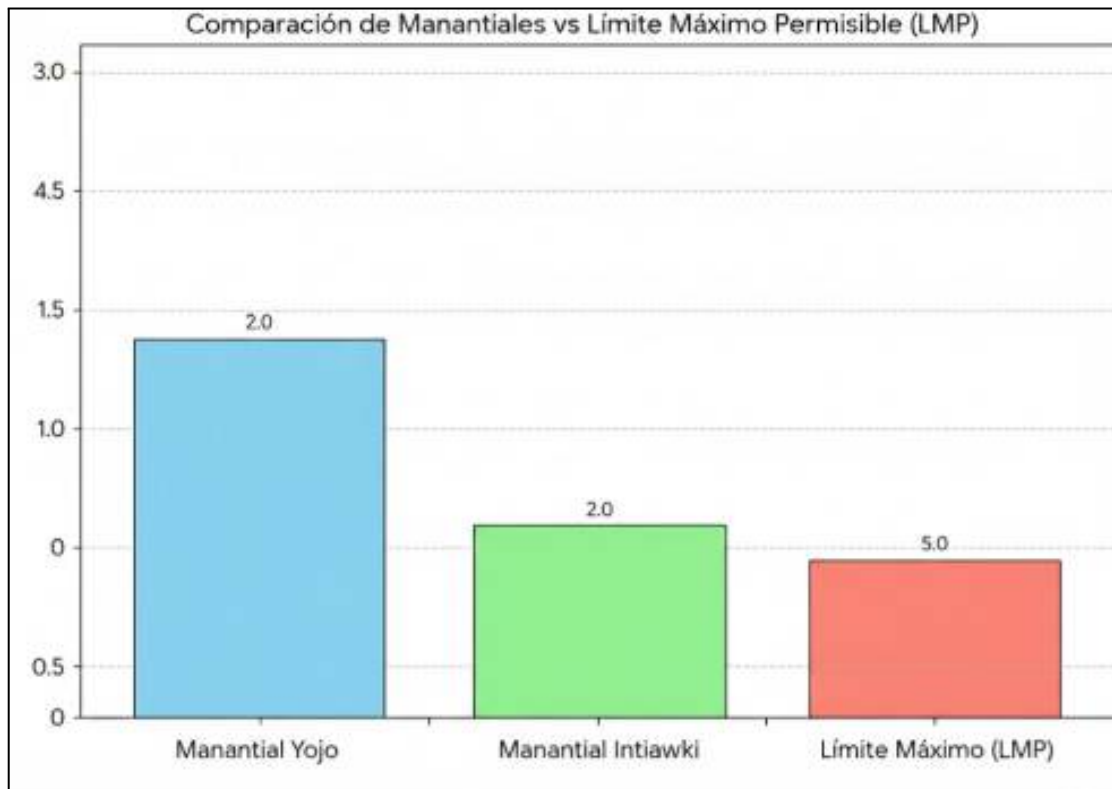


Figura 04: Valor de la turbiedad del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.

En lo que respecta a la turbiedad, los manantiales Yojo e Intiawki presentaron niveles uniformes de 2.0 NTU, los cuales se encuentran holgadamente dentro del límite máximo de 5 NTU permitido por el D.S. N.° 031-2010-SA, lo que garantiza que el recurso hídrico posee una claridad física óptima debido a los procesos de filtración natural del suelo en Tacasaya. Este resultado es significativamente más favorable que el diagnóstico de Mengstie (2023) en Hawassa, donde la turbiedad alcanzó los 24.5 NTU por una protección deficiente de las captaciones, y que el caso de Carlos (2020) en Moyobamba, cuyos registros de 18.5 UNT evidencian la vulnerabilidad de las fuentes superficiales ante factores climáticos. Por el contrario, la baja concentración de sólidos suspendidos en Tacasaya guarda una relación técnica con lo reportado por Espinoza (2024) en Colpa Pampa (0.11 a 0.33 NTU), donde la infraestructura de captación preservó la pureza del agua, y se distancia drásticamente de los picos de 120 NTU hallados por Arteaga (2024)

en el río Ramis a causa de la erosión y la minería. Finalmente, a nivel regional, se coincide con Waldir (2024) en Acora, Puno, al ratificar que las fuentes de manantial en zonas altoandinas mantienen una calidad física aceptable para el suministro poblacional, validando que el entorno geológico de la provincia de Chucuito actúa como una barrera efectiva contra el arrastre de partículas en el periodo 2026.

4.2.3. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

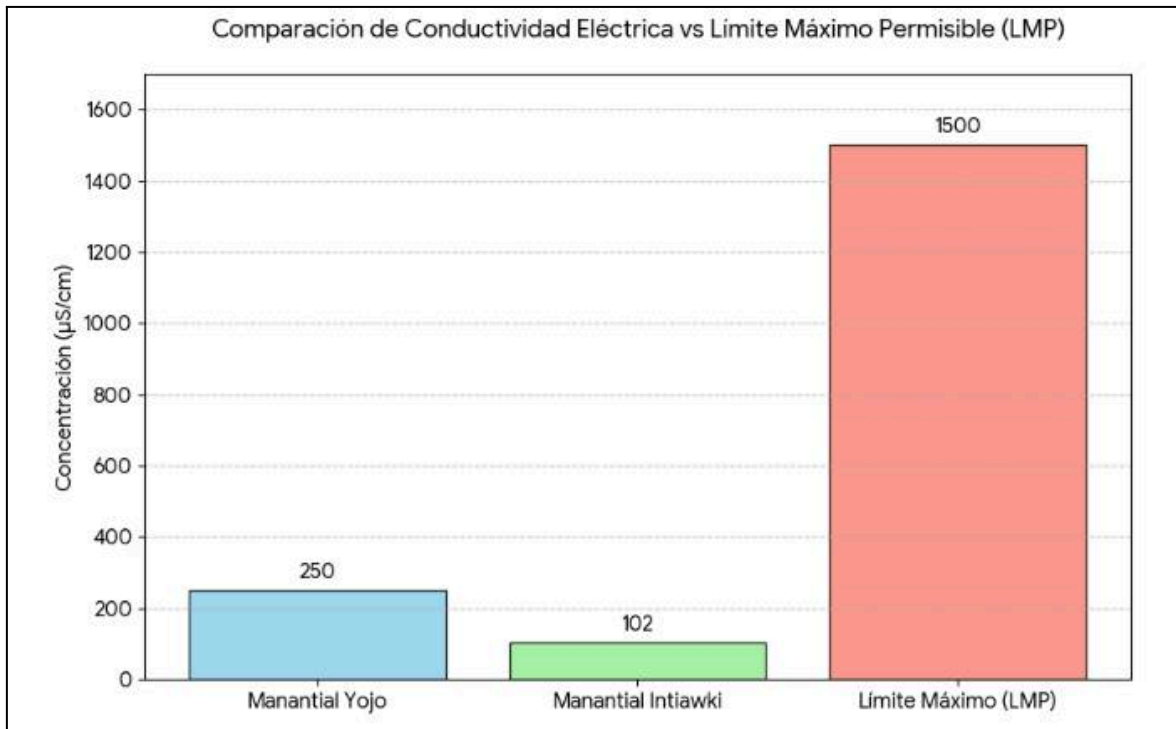


Figura 05: Valor de conductividad del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.

Para el análisis de la conductividad eléctrica (CE), los manantiales Yojo e Intiawki registraron valores de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 102 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, resultados que se sitúan muy por debajo del umbral de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA, lo cual certifica una baja mineralización y una pureza iónica óptima para el consumo humano en Tacasaya. Estos hallazgos guardan una estrecha correlación técnica con el estudio de Ticona (2023) en Chad, quien reportó una mineralización débil con rangos de 92 a 590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sugiriendo una naturaleza hídrica similar basada en tiempos de residencia cortos en el acuífero. Asimismo, los niveles detectados en la provincia de

Chucuito resultan ser más favorables que los reportados por Waldir (2024) en Acora, donde la conductividad promedio fue de 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando que las fuentes de Tacasaya poseen una carga de sales disueltas significativamente menor. Esta tendencia de estabilidad y cumplimiento normativo también coincide con las observaciones de Carlos (2020) y Mengstie (2023), quienes determinaron que las fuentes de manantial protegidas mantienen una conductividad dentro de rangos aceptables a diferencia de las fuentes superficiales vulnerables, validando que el entorno geológico local del periodo 2026 actúa como un filtro eficaz que preserva la baja salinidad del recurso.

4.2.4. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO PH

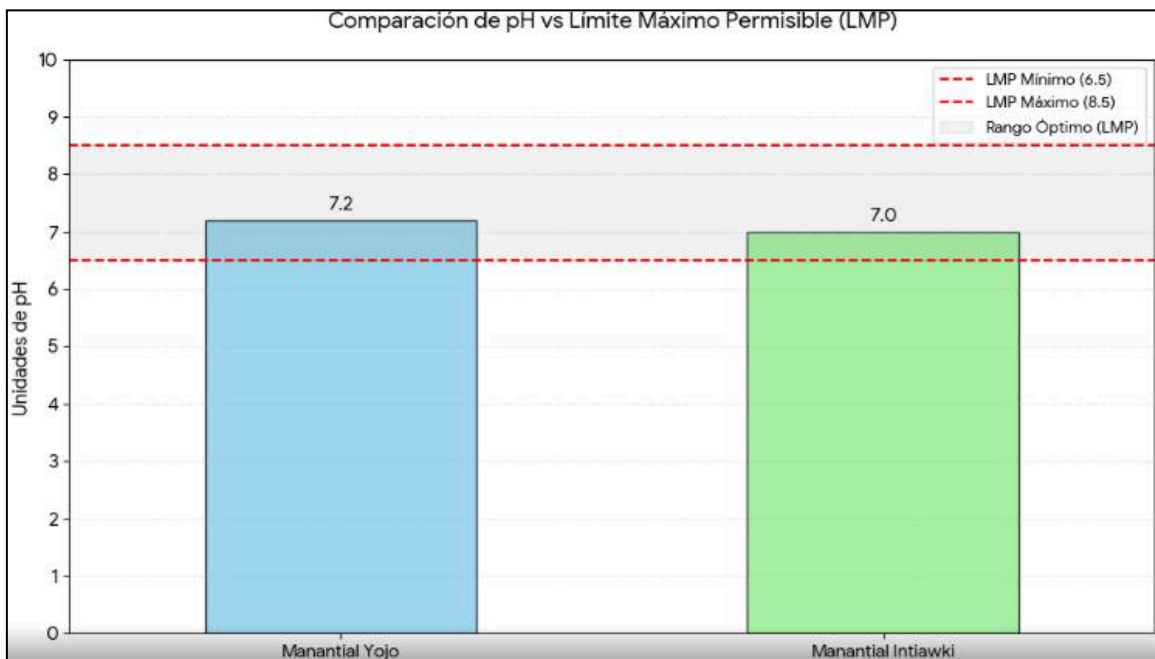


Figura 06: Valor del pH del agua de los Manantiales del centro poblado de Tacasaya.

En cuanto al potencial de hidrógeno (pH), los manantiales Yojo e Intiawki registraron valores de 7.2 y 7.0 respectivamente, situándose dentro del rango de 6.5 a 8.5 establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA, lo que confirma una naturaleza neutra del recurso, ideal para prevenir procesos de corrosión en las redes de distribución de Tacasaya. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Mengstie (2023), quien halló una media de 7.45, y por Ticona (2023), cuyos valores entre 6.40 y 7.57 ratifican la estabilidad química de las aguas subterráneas en contextos similares.

Asimismo, los resultados de Espinoza (2024) (7.35 a 7.67) y Carlos (2020) (7.1 a 7.5) muestran una estrecha relación con la neutralidad hallada en la provincia de Chucuito, evidenciando que estas fuentes mantienen un equilibrio ácido-base constante independientemente de la ubicación geográfica. Finalmente, la coincidencia con Arteaga (2024), quien registró un pH entre 7.4 y 7.8, y con los estándares nacionales cumplidos en el estudio de Waldir (2024), valida que el agua de los manantiales en estudio para el periodo 2026 posee una aptitud química óptima que favorece tanto la salud pública como la durabilidad de la infraestructura hidráulica.

4.2.5. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CLORUROS

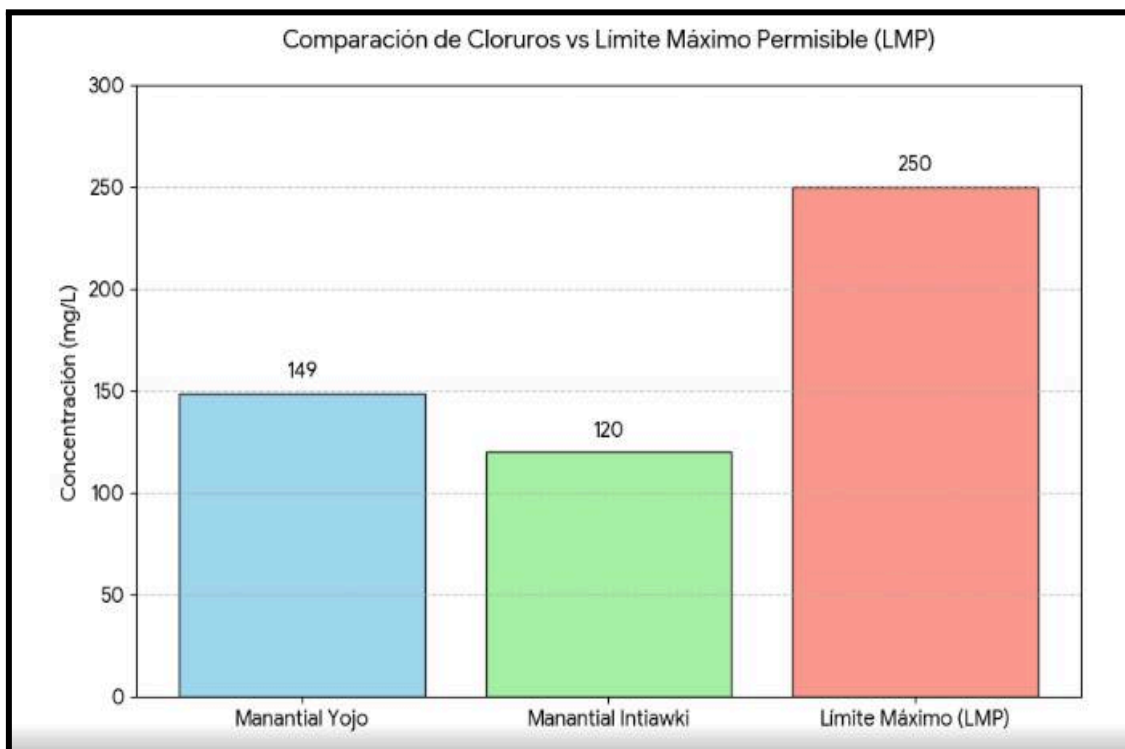


Figura 07: Valor de Cloruros del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.

En lo que respecta al parámetro de cloruros, los manantiales Yojo e Intiawki registraron concentraciones de 149 mg/L y 120 mg/L respectivamente, situándose ambos por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 250 mg/L establecido en el D.S. N.º 031-2010-SA, lo cual garantiza que el recurso hídrico en Tacasaya carece de sabores salinos indeseables y no representa un riesgo de corrosión para el sistema de

distribución. Este hallazgo es técnicamente consistente con lo reportado por Ticona (2023), quien determinó que la baja salinidad en aguas subterráneas es un indicador de una recarga natural eficiente y una mineralización equilibrada. Asimismo, se guarda concordancia con el estudio de Thomson (2025), donde las fuentes de agua protegidas mantuvieron concentraciones de sales dentro de los márgenes de seguridad internacional. En contraste, la situación en la provincia de Chucuito es notablemente superior a la descrita por Antezana (2024) en Juliaca, donde la presión urbana y la falta de alcantarillado elevaron la carga iónica hasta niveles críticos. Finalmente, se coincide con los diagnósticos de Mariño (2024) y Waldir (2024) al ratificar que los manantiales de captación artesanal en zonas rurales altoandinas suelen conservar una pureza química notable frente a los aniones mayoritarios, validando que el agua evaluada en el periodo 2026 posee una aptitud química satisfactoria para el consumo humano.

4.2.6 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SULFATOS

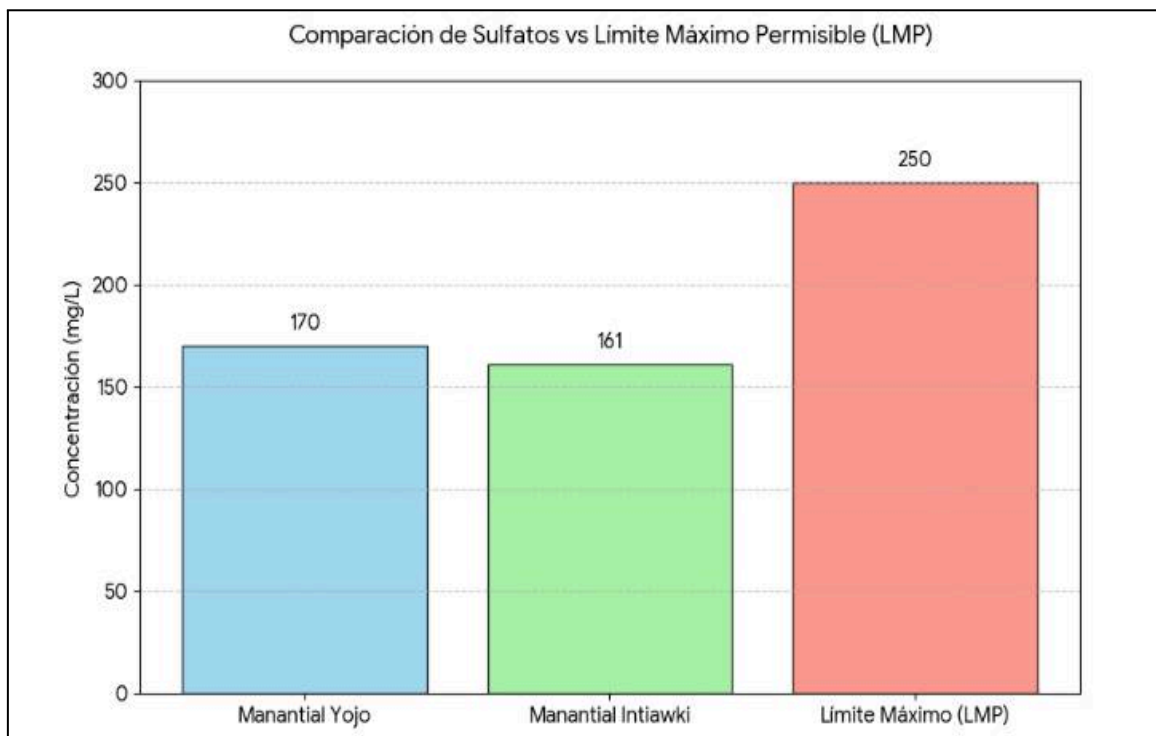


Figura 08: Concentración de sulfatos del centro poblado de Tacasaya.

En relación al parámetro de sulfatos, los manantiales Yojo e Intiawki presentaron concentraciones de 170 mg/L y 161 mg/L respectivamente, valores que cumplen con el

estándar de 250 mg/L establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA, lo cual asegura que el agua en Tacasaya no posee efectos laxantes ni sabores amargos que puedan afectar la salud o la aceptabilidad del recurso por la población. Este hallazgo es consistente con la investigación de Mariño (2024) en Amarilis, donde los niveles de sulfatos se mantuvieron significativamente por debajo de los límites máximos, ratificando la pureza química de las fuentes de manantial captadas adecuadamente. Asimismo, se guarda concordancia técnica con Ticona (2023), quien asocia la presencia moderada de aniones en aguas subterráneas a una mineralización equilibrada y una interacción litológica controlada. Por otro lado, los resultados en la provincia de Chucuito reflejan una estabilidad iónica similar a la reportada por Waldir (2024) en Acora, Puno, donde el agua de manantial demostró ser una fuente confiable frente a otros sistemas superficiales más vulnerables a la contaminación química. Finalmente, se concluye que el recurso evaluado en el periodo 2026 posee una composición de sulfatos óptima, diferenciándose de las zonas con alta influencia urbana descritas por Antezana (2024), donde la infiltración de lixiviados suele alterar el equilibrio químico de los acuíferos.

4.2.7. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DUREZA TOTAL

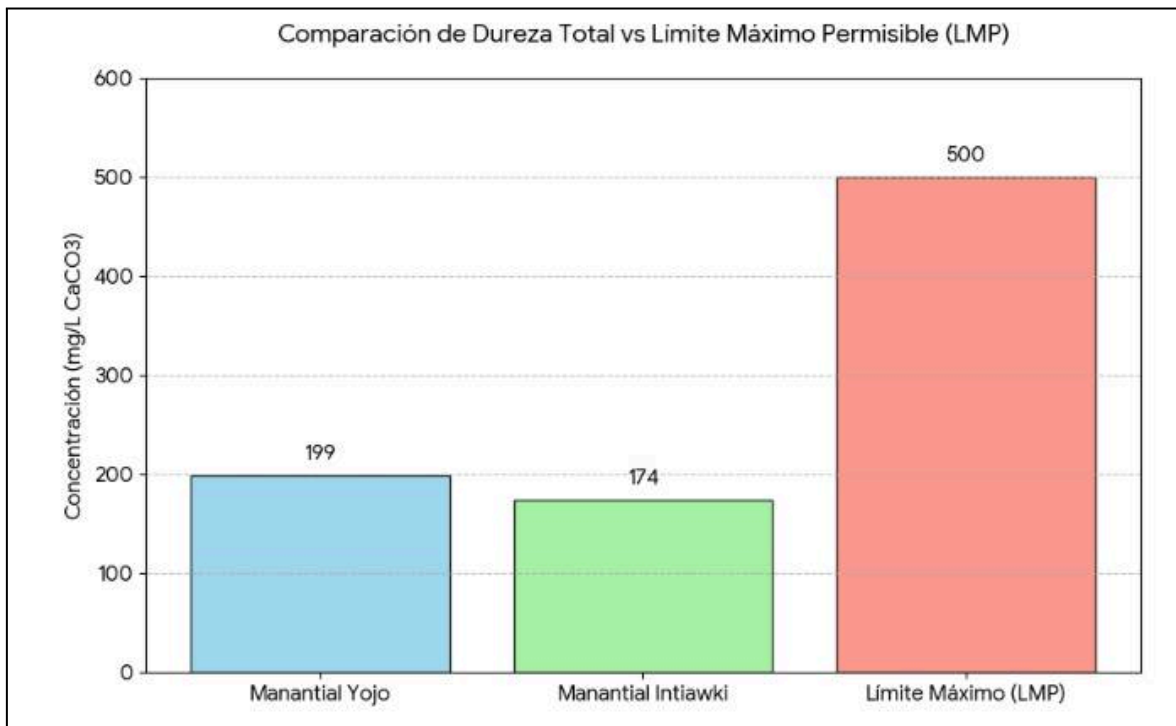


Figura 09: Valor medio de la Dureza Total del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya.

En lo referente a la dureza total, los manantiales Yojo e Intiawki registraron valores de 199 mg/L y 174 mg/L respectivamente, concentraciones que se mantienen significativamente por debajo del Límite Máximo Permisible de 500 mg/L dispuesto en el D.S. N.º 031-2010-SA, clasificando el recurso hídrico de Tacasaya como moderadamente duro. Este hallazgo evidencia una mineralización más robusta que la reportada por Mariño (2024) en Amarilis, quien identificó aguas de tipo blanda con un promedio de 45 mg/L, pero guarda una relación técnica con los resultados de Waldir (2024) en Acora, donde la dureza alcanzó los 145 mg/L debido a la naturaleza geológica del entorno altoandino. Por el contrario, los niveles en la provincia de Chucuito resultan ser más equilibrados que los detectados por Antezana (2024) en Juliaca, donde la dureza escaló hasta los 480 mg/L, rozando el umbral normativo y sugiriendo una mayor saturación de carbonatos en dicha zona. Esta composición se fundamenta en la dinámica hidroquímica analizada por Ticona (2023), quien asocia la presencia de iones de calcio y magnesio a la

interacción del flujo subterráneo con estratos calcáreos, validando que el recurso hídrico evaluado en el periodo 2026 posee un balance mineral óptimo que no compromete la salud pública ni la integridad de las redes domiciliarias.

4.2.8. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

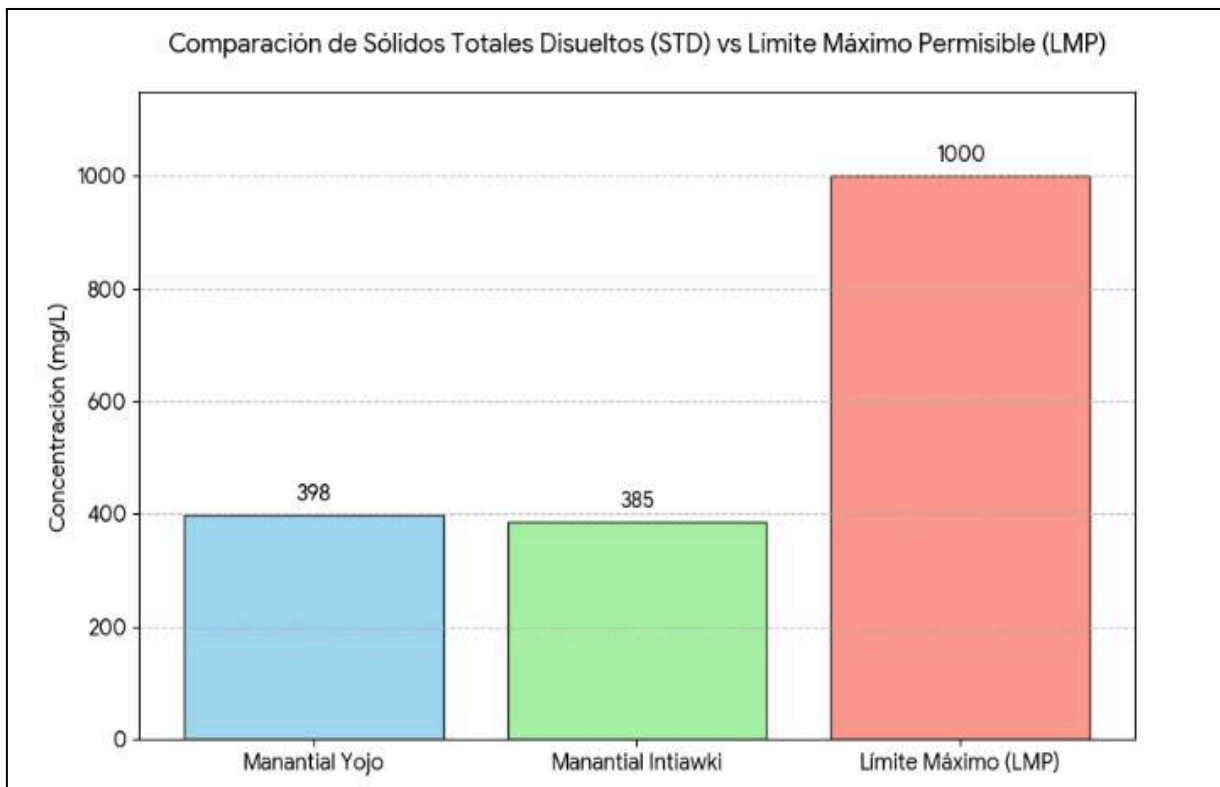


Figura 10: Valor medio de sólidos totales disueltos del agua de los manantiales de ladel centro poblado de Tacasaya.

En relación a los Sólidos Totales Disueltos (STD), los manantiales Yojo e Intiawki reportaron concentraciones de 398 mg/L y 385 mg/L respectivamente, cumpliendo satisfactoriamente con el estándar de 1000 mg/L dictaminado por el D.S. N.º 031-2010-SA, lo que ratifica que el recurso hídrico en Tacasaya posee una carga mineral equilibrada y segura para el abastecimiento poblacional. Estos resultados muestran una mineralización más robusta en comparación con lo hallado por Mengstie (2023) en Hawassa, quien registró una media de 142.79 mg/L, pero guardan una notable concordancia técnica con el estudio nacional de Espinoza (2024) en Colpa Pampa, donde los valores fluctuaron entre 58 y 419 mg/L. Esta consistencia sugiere que los manantiales

altoandinos protegidos mantienen una estabilidad en su composición iónica que no compromete la calidad organoléptica del agua. Asimismo, se coincide con la tendencia de mineralización moderada descrita por Waldir (2024) en Puno, diferenciándose de los escenarios críticos en zonas periurbanas analizados por Antezana (2024), donde la infiltración de lixiviados y la falta de alcantarillado suelen elevar significativamente la carga de sólidos y la dureza del acuífero. En conclusión, el recurso hídrico evaluado en el periodo 2026 se consolida como una fuente de alta calidad, con niveles de sólidos que garantizan un suministro inofensivo y aceptable para la población de Chucuito.

4.3. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026, EN RELACIÓN A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)

4.2.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TOTALES

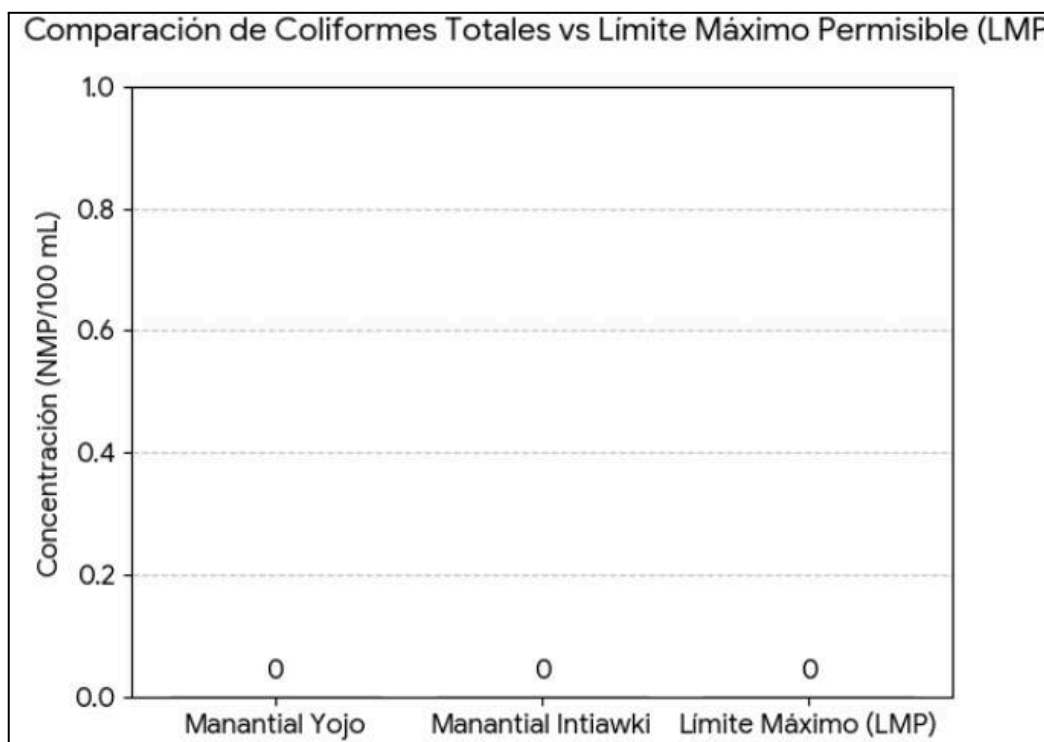


Figura 11: Concentración de coliformes totales en manantiales del centro poblado de Tacasaya.

En relación a los coliformes totales, los análisis microbiológicos realizados en los manantiales Yojo e Intiawki para el periodo 2026 reportaron una ausencia absoluta de

microorganismos, con registros de 0 NMP/100 mL en ambas fuentes. Este resultado cumple estrictamente con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 0 NMP/100 mL establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA, lo que garantiza la inocuidad biológica del recurso y descarta cualquier foco de contaminación bacteriana en los ojos de agua de Tacasaya. Este hallazgo es significativamente más favorable que los reportados por Waldir (2024) en Acora, quien detectó la presencia de coliformes en el 83% de los manantiales evaluados debido al pastoreo cercano, y se distancia drásticamente de los resultados de Espinoza (2024) y Mariño (2024), quienes identificaron contaminación fecal en sus respectivas zonas de estudio, excediendo los límites legales. Asimismo, la pureza bacteriológica hallada en la provincia de Chucuito contrasta con el escenario crítico de Antezana (2024) en Juliaca, donde la infiltración de pozos sépticos comprometió la seguridad del acuífero. En conclusión, la ausencia de indicadores biológicos en los manantiales evaluados ratifica que las barreras geológicas naturales y la protección de las captaciones están funcionando eficazmente, certificando que el agua es sanitariamente apta para el consumo humano sin representar riesgos epidemiológicos para la población.

4.2.2. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES

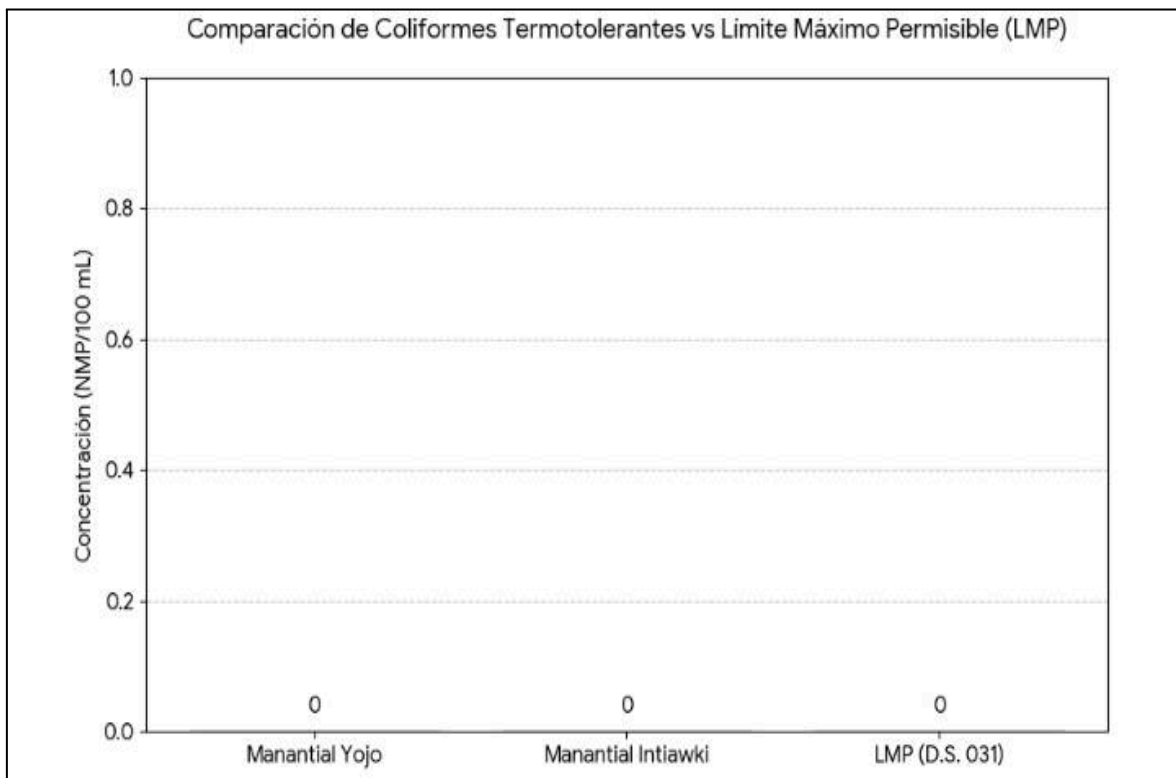


Figura 12: Concentración de coliformes termotolerantes del centro poblado de Tacasaya.

En relación a los coliformes termotolerantes (fecales), los manantiales Yojo e Intiawki presentaron una ausencia absoluta de estos microorganismos (0 NMP/100 mL), cumpliendo con el LMP de 0 NMP/100 mL exigido por el D.S. N.º 031-2010-SA, lo que garantiza que el agua en Tacasaya es bacteriológicamente inocua y libre de contaminación fecal directa. Este hallazgo es significativamente más favorable que lo reportado por Espinoza (2024) en Chota y Mariño (2024) en Amarilis, quienes detectaron presencia de indicadores fecales en sus muestras, comprometiendo la seguridad hídrica por falta de protección en las fuentes. Asimismo, se diferencia de la situación crítica analizada por Antezana (2024), quien halló concentraciones de *E. coli* de hasta 35 UFC/100 mL en pozos de Juliaca debido a la infiltración de letrinas, y de los registros de Carlos (2020) en Moyobamba, cuyos picos de 160 NMP/100 mL evidencian la vulnerabilidad de las aguas ante agentes biológicos externos. Finalmente, la pureza bacteriológica hallada en la provincia de Chucuito para el periodo 2026 guarda relación con la necesidad de implementar cercos perimétricos sugerida por Waldir (2024),

demostrando que en Tacasaya las barreras geológicas naturales y el estado de los ojos de agua funcionan eficazmente contra la contaminación antropogénica y ganadera.

4.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.4.1. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis alterna (Ha):

La calidad del agua para consumo humano de los manantiales Yojo e Intiawki, ubicados en el Centro Poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito – 2026, no cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA.

Hipótesis nula (Ho):

La calidad del agua para consumo humano de los manantiales Yojo e Intiawki, ubicados en el Centro Poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito – 2026, cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA.

Resultados:

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a las muestras de agua de los manantiales Yojo e Intiawki evidenciaron que los parámetros evaluados se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa sanitaria vigente. Asimismo, se determinó ausencia total de coliformes totales y coliformes termotolerantes, cumpliendo con los criterios de potabilidad.

4.4.2. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Hipótesis alterna (Ha):

Los parámetros fisicoquímicos del agua de los manantiales Yojo e Intiawki exceden los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA.

Hipótesis nula (Ho):

Los parámetros fisicoquímicos del agua de los manantiales Yojo e Intiawki no exceden los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA.

Resultados:

Los valores de pH, turbiedad, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, dureza total, cloruros, sulfatos y nitratos se mantienen dentro de los rangos permisibles

establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, evidenciando una adecuada calidad fisicoquímica.

4.4.3. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Hipótesis alterna (Ha):

Los parámetros microbiológicos del agua de los manantiales Yojo e Intiawki exceden los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA.

Hipótesis nula (Ho):

Los parámetros microbiológicos del agua de los manantiales Yojo e Intiawki no exceden los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA.

Resultados:

Los análisis microbiológicos evidenciaron ausencia total de coliformes totales y coliformes termotolerantes (0 UFC/100 mL) en las muestras correspondientes a ambos manantiales, cumpliendo con la normativa sanitaria vigente.

4.3.4. Contraste de la hipótesis específica 3

Hipótesis alterna (Ha):

Existe diferencia significativa en la calidad del agua entre los manantiales Yojo e Intiawki del Centro Poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito – 2026.

Hipótesis nula (Ho):

No existe diferencia significativa en la calidad del agua entre los manantiales Yojo e Intiawki del Centro Poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito – 2026.

Resultados:

La comparación de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en ambos manantiales presenta valores homogéneos y dentro de los límites permisibles establecidos por el D.S. N.° 031-2010-SA, sin evidenciar diferencias significativas que afecten la calidad del agua.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Los manantiales Yojo e Intiawki, ubicados en el distrito de Chucuito, se califican como fuentes aptas para el consumo humano directo, en cumplimiento con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA.

SEGUNDA: Ambos manantiales presentan propiedades organolépticas óptimas, cumpliendo con los LMP en todos los indicadores fisicoquímicos evaluados. La estabilidad de su pH neutro y la baja turbiedad garantizan un recurso de apariencia clara y sabor agradable, condiciones que además favorecen la eficacia de los procesos de desinfección preventiva.

TERCERA: La evaluación de los parámetros químicos (pH, cloruros, sulfatos, dureza total y nitratos) confirma que la calidad del agua en el centro poblado de Tacasaya es plenamente favorable. Tanto Yojo como Intiawki se encuentran holgadamente por debajo de los límites máximos permitidos para aniones mayoritarios y dureza, asegurando un recurso equilibrado. Los valores de pH registrados (7.0 – 7.2) evidencian una neutralidad ideal que previene la corrosividad y garantiza la estabilidad iónica del suministro, cumpliendo rigurosamente con los estándares del D.S. N.º 031-2010-SA para el año 2026.

CUARTA: El análisis de los parámetros microbiológicos (Coliformes Totales y Termotolerantes) arroja resultados plenamente satisfactorios, confirmando que ambos manantiales cumplen con los criterios de inocuidad exigidos. En observancia del D.S. N.º 031-2010-SA, que establece la ausencia total (0 UFC/100 mL), los resultados evidencian la inexistencia de microorganismos en las fuentes Yojo e Intiawki. Este hallazgo ratifica la ausencia de contaminación fecal y asegura que el recurso hídrico de Tacasaya está libre

de patógenos bacterianos, garantizando un suministro biológicamente seguro para la salud pública de la comunidad.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la municipalidad del distrito de Chucuito mantener la vigilancia periódica de la calidad del agua en los manantiales Yojo e Intiawki, a fin de asegurar que continúen siendo aptos para el consumo humano directo, en concordancia con los LMP del D.S. N.º 031-2010-SA.

SEGUNDA: A la municipalidad con el apoyo de DIRESA preservar las condiciones químicas y organolépticas mediante la protección de las zonas de recarga y la prevención de actividades contaminantes, garantizando la estabilidad del pH neutro y la baja turbiedad que favorecen la desinfección preventiva.

TERCERA: Al comité de Agua y Comunidad de Tacasaya, fortalecer la gestión comunitaria del recurso hídrico, promoviendo prácticas sostenibles que eviten la alteración de los parámetros químicos (cloruros, sulfatos, dureza, nitratos), asegurando así la neutralidad y estabilidad iónica del suministro.

CUARTA: A la municipalidad del distrito de Chucuito, solicitar al MINAM para consolidar medidas de bioseguridad y educación sanitaria en la población, con el objetivo de mantener la ausencia de coliformes y otros patógenos, garantizando un recurso biológicamente seguro para la salud pública

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Arteaga, R. J. (2024). *Evaluación de metales pesados en agua del Río Ramis Sector Crucero—San Anton y su interpretación en software.*
- Antezana, R. N. V. (2024). Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica de Ingenierías*, 3(4). <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.8>
- Díaz Espinoza, H. M. (2024). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la comunidad de Colpa Pampa, Chota.* <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/756>
- Flores. (2024). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda.* <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- Flores. (2025). *Groundwater Hydrology of Springs.* ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/book/edited-volume/9781856175029/groundwater-hydrology-of-springs>
- García Ccahuana, S. L. (2024). *Evaluación hidroquímica y calidad ambiental del agua subterránea en los distritos de Coata, Capachica y Pusi.*
- Gutierrez. (2024). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda.* <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- Hawassa. (2023). *Standard Methods.* Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. <https://www.standardmethods.org/>
- Leguía Mariño, M. M. (2024). *Gestión Administrativa y Compromiso Organizacional en la Municipalidad Distrital de Santa María de Chicmo, Andahuaylas, Apurímac, 2024.* <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/895>
- Lopez, F. (2023). *sulfatos—Lenntech.* <https://www.lenntech.es/sulfatos.htm>
- Mengstie, Y. A., Desta, W. M., y Alemayehu, E. (2023). Assessment of Drinking Water Quality in Urban Water Supply Systems: The Case of Hawassa City, Ethiopia. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2023, 8880601. <https://doi.org/10.1155/2023/8880601>

- Paredes, T., y Carlos, J. (2020). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Pomalca, distrito de Soritor—Moyobamba* [Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial].
<https://repositorio.unsm.edu.pe/item/c9aafb9-7bb9-4e51-859e-334349f0aae5>
- Pimentel. (2024). *Análisis de interacciones de los ácidos húmicos con colorante azul brillante en solución acuosa | Pádi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/15792>
- Thomson. (2025). (PDF) Assessment of water quality for irrigation purpose: A case study of three states in Nigeria. *ResearchGate*.
<https://doi.org/10.1007/s12665-025-12221-4>
- Ticoná. (2023). *Groundwater quality assessment for drinking and agricultural purposes under arid climate in N'Djamena, Chad (Central Africa)*.
https://www.researchgate.net/publication/382035220_Groundwater_quality_assessment_for_drinking_and_agricultural_purposes_under_arid_climate_in_N_Djamena_Chad_Central_Africa
- Waldir. (2024). *Sistema integrado de gestión de historias clínicas y medicamentos para mejorar la calidad de atención a los pacientes en el Puesto de Salud Huayta Central de la provincia de Lampa—2017*.
<https://repositorio.unap.edu.pe/items/f1773837-2fd0-4f16-a828-90b6cc66c425>
- WHO. (2023). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>

ANEXOS


Anexo 01: Matriz de consistencia: CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE TACASAYA DISTRITO DE CHUCUITO, 2026

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>General ¿Cuál es la calidad del agua de manantiales del centro poblado de Tacasaya distrito de Chucuito, 2026 de acuerdo a los límites máximos permisibles? Específicos -¿Qué parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito, 2026 exceden los límites máximos permisibles (LMP)? -¿Qué parámetros químicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito, 2026 exceden los límites máximos permisibles (LMP)? -¿Qué parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Tacasaya, distrito de Chucuito, 2026 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?</p>	<p>General</p> <p>-Evaluar la calidad del agua de los manantiales del centro poblado De Tacasaya distrito de Chucuito, 2026. Específicos -Determinar la concentración de los parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales del centro poblado De Tacasaya distrito de Chucuito, 2026, 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 del centro poblado De Tacasaya distrito de Chucuito, 2026, 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 del centro poblado De Tacasaya distrito de Chucuito, 2026, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN°031-2010-SA.</p>	<p>General</p> <p>La calidad del agua de los manantiales del centro poblado de Tacasaya distrito de Chucuito - 2026, no cumple con todas las condiciones de los Límites Máximos Permisibles destinados para consumo humano. Específicas -Algunos parámetros organolépticos del agua procedente de los manantiales del centro poblado de Tacasaya distrito de Chucuito - 2026, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. -Algunos parámetros químicos del agua procedente del centro poblado de Tacasaya distrito de Chucuito - 2026, no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S N°031-2010-SA. -Algunos parámetros microbiológicos del agua procedente del centro poblado de Tacasaya distrito de Chucuito - 2026, no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S N°031-2010-SA.</p>	<p>Independiente</p> <p>Manantiales</p>	<p>Organoléptico</p> <p>Químico</p> <p>Microbiológico</p>	<p>Color</p> <p>Turbiedad</p> <p>Conductividad eléctrica (CE)</p> <p>Sólidos totales</p> <p>disueltos</p> <p>pH</p> <p>Cloruros</p> <p>Sulfatos</p> <p>Dureza Total</p> <p>Nitratos</p> <p>Coliformes totales</p> <p>Coliformes fecales</p> <p>termotolerantes</p>	<p>Diseño: No experimental Enfoque: Cuantitativo Población y Muestra: Dos manantiales de agua. Técnicas: Guía para la toma de muestras. Instrumentos: Normativa de LMP, D.S N°031-2010-SA y Análisis de Laboratorio.</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;




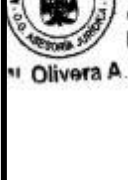



Que, el artículo 107° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento;

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, Cn.

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. Hexaclorobencenó	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 Tacasaya.



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



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



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




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



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 Tacasaya



MECALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C

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

INFORME DE ENSAYO 0255/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : MANANTIALES DE TACASAYA
INTERESADO : EDWING DARIO ANCCASI QUISPE
MOTIVO : ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO,
FECHA DE MUESTREO : 27/01/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 27/01/2025.

COORDENADAS:	LONGITUD	LATITUD
M1 - YOJO	16.07606899	69.62400644
M2 - Intiawki	16.0756331	69.62495315

GARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	YOJO	Intiawki	METODOLOGÍA
Color	UC	50	8	Celerimétrica
Turbiedad	UNT	3	2	Nefelométrica
Conductividad (CE)	µS/cm	680	570	Conductimétrica
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	400	360	Gravimétrica
pH	UP	7.2	7.0	Potenciométrica
Cieuros	mg/L	150	330	Titulométrica
Sulfatos	mg/L	190	160	Turbidimétrica
Dureza Total	mg/L	200	100	Titulométrica


GARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	YOJO	Intiawki	METODOLOGÍA
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	8.5	9.0	Espectrofotometría UV
Fósforo Total	mg/L	0.05	1.45	Digestión + Espectrofotometría
DBO ₅	mg/L	110.0	256.0	Incubación 3 días
DOO	mg/L	265.0	625.0	Dicrocromato cetrado


ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

PARAMETROS	UNIDAD	YOJO	Intiawki	METODOLOGÍA
Coliformes totales	NMP/100ml	0	0	NMP (APHA 9221 B – Espectriación múltiple en tubos)
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	0	0	NMP – Incubación a 44.5°C

➤ La muestra se recepciona en el laboratorio.



EDWING DARIO ANCCASI QUISPE
RUC: 2070 897 11
GENEVE



Ir. Esmeralde N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pégole - Puno
Cel. 972296546 – 983003185

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