

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RESERVORIO EN LA COMUNIDAD DE PAUCARCOLLA PUEBLO EN RELACIÓN A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES, PUNO - 2025.

PRESENTADA POR:

EDWIN OSMAR PAURO PARIAPAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



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



6.36%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 2 JUL 2026, 12:42 PM

Originality & Authorship Report

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

IDENTICAL
0.25%

CHANGED TEXT
6.11%

Report #34015641

EDWIN OSMAR PAURO PARIAPAZA // CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RESERVORIO EN LA COMUNIDAD DE PAUCARCOLLA PUEBLO EN RELACIÓN A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES, PUNO - 2025 RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar en qué medida las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla Pueblo cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, Puno - 2025.

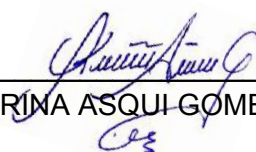
7 12 La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de corte transversal. La población estuvo conformada por el agua almacenada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla, mientras que la muestra estuvo constituida por 1000 mL de agua recolectada mediante protocolos estandarizados, garantizando su conservación, integridad y cadena de frío hasta su análisis en laboratorio. Los resultados fisicoquímicos evidenciaron que los valores de color (<5 UCV), turbiedad (0,29 NTU), conductividad eléctrica (139,4 µS/cm), sólidos totales disueltos (84 mg/L), pH (8,2), cloruros (18,72 mg/L), sulfatos (5,78 mg/L), dureza total (18,52 mg/L CaCO₃) y nitratos (0,87 mg/L) se encontraron dentro de los límites permitidos por la normativa vigente. Asimismo, los resultados microbiológicos mostraron valores menores a 1,1 UFC/100 mL para

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS
CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL
RESERVORIO EN LA COMUNIDAD DE PAUCARCOLLA PUEBLO EN
RELACIÓN A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES, PUNO - 2025

PRESENTADA POR:
EDWIN OSMAR PAURO PARIAPAZA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

PRIMER MIEMBRO

: 
Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. DENILSON MEDINA SANCHEZ

ASESOR DE TESIS

: 
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 15 de julio del 2026.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a quienes me inspiraron a perseverar en la búsqueda del conocimiento: a mis padres, maestros , compañeros de la Universidad Privada San Carlos-Puno ; Ejemplo de participación y acompañamiento quienes han sido la fuerza que me impulsó para culminar mi carrera profesional de Ingeniero Ambiental..

EDWIN OSMAR

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi mayor agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos por brindarme el ambiente académico y los instrumentos institucionales necesarios para completar mi formación como Ingeniero Ambiental. Igualmente, hago extensivo este reconocimiento a los profesores de la Facultad de Ingenierías, cuyos métodos y rigor científico fueron cruciales para afianzar las bases de esta investigación. En especial a mi Asesor **Dra. MARLENE CUSI**

MONTESINOS

Por último, quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible el acceso a la información y el soporte logístico requerido para tomar muestras en la comunidad de Paucarcolla. Sin su ayuda, este diagnóstico sobre la calidad del agua no se habría podido realizar y no estaría hoy contribuyendo al bienestar de la salud pública local.

EDWIN OSMAR

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.1.2. PROBLEMAS ESPÈCIFICOS	16
1.2. ANTECEDENTES	16
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	16
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	21
1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL	26
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	31
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	31
1.3.2. OBJETIVOS ESPÈCIFICOS	31

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	32
2.1.1. CALIDAD DE AGUA	32
	3

2.1.2. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)	38
2.2. MARCO CONCEPTUAL	39
2.3. MARCO NORMATIVO	42
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	42
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	42
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	42

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ZONA DE ESTUDIO	43
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	44
3.2.1 POBLACIÓN	44
3.2.2. MUESTRA	44
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	45
3.3.1. MÉTODOS	45
3.3.2. TÉCNICAS	45
3.3.3. MÉTODOS DE LABORATORIO	46
3.3.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO	47
3.3.4. MATERIALES	48
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	48
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	49
3.5.1 DISEÑO ESTADÍSTICO	49

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO POR OBJETIVOS	51
4.1.1. PARA EL OBJETIVO GENERAL	51
4.1.2. PARA LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	53
4.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS	72
4.3.1. CONTRASTE DE HIPÓTESIS GENERAL	72

4.3.2. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	72
4.3.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	73
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Obtención de la muestras de agua	44
Tabla 02: Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua potable	47
Tabla 03: Operacionalización de variables de la investigación	49
Tabla 04: Condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio JAS SAP Paucarcolla, respecto a los Límites Máximos Permisibles.	52
Tabla 05: Condiciones físico-químicas del agua del reservorio JAS SAP Paucarcolla, respecto a los LMP D.S N°031- 2010.	67
Tabla 06: Condiciones microbiológicas del agua del reservorio JAS SAP Paucarcolla, respecto a los LMP D.S N°031- 2010.	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación geográfica del punto de muestreo.	43
Figura 02: Parámetro del color del agua.	54
Figura 03: Valor de la turbiedad del agua	55
Figura 04: Valor de conductividad eléctrica del agua	57
Figura 05: Valor medio de sólidos totales disueltos del agua	58
Figura 06: Valor del pH del agua	60
Figura 07: Valor de Cloruros del agua	61
Figura 08: Concentración de sulfatos en el agua	62
Figura 09: Valor medio de la Dureza Total del agua	64
Figura 10: Valor medio de Nitratos del agua	65
Figura 11: Concentración de coliformes totales	68
Figura 12: Concentración de coliformes termotolerantes	69
Figura 13: Certificado de análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos	89
Figura 14: Certificado de análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos	90
Figura 15: Certificado de análisis de los parámetros físico-químico y microbiológicos	91

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	86
Anexo 02: Límites Máximos Permisibles de Parámetros físico-químicos	87
Anexo 03: Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos	88
Anexo 04: Resultados de laboratorio	89
Anexo 05: Evidencias fotográficas	92

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar en qué medida las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla Pueblo cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, Puno - 2025. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de corte transversal. La población estuvo conformada por el agua almacenada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla, mientras que la muestra estuvo constituida por 1000 mL de agua recolectada mediante protocolos estandarizados, garantizando su conservación, integridad y cadena de frío hasta su análisis en laboratorio. Los resultados fisicoquímicos evidenciaron que los valores de color (<5 UCV), turbiedad (0,29 NTU), conductividad eléctrica (139,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (84 mg/L), pH (8,2), cloruros (18,72 mg/L), sulfatos (5,78 mg/L), dureza total (18,52 mg/L CaCO_3) y nitratos (0,87 mg/L) se encontraron dentro de los límites permitidos por la normativa vigente. Asimismo, los resultados microbiológicos mostraron valores menores a 1,1 UFC/100 mL para coliformes totales y coliformes termotolerantes, lo que indica una presencia no detectable según el método analítico empleado. En conclusión, el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla presenta condiciones fisicoquímicas y microbiológicas adecuadas, cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, por lo que puede considerarse apta para el consumo humano respecto a los parámetros evaluados.

Palabras clave: Agua, Calidad, Fisicoquímicos, Microbiológicos, Reservorio.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the extent to which the physicochemical and microbiological conditions of the water from the reservoir of the Paucarcolla Pueblo community comply with the Maximum Permissible Limits established in the Regulation on Water Quality for Human Consumption, approved by Supreme Decree No. 031-2010-SA, Puno - 2025. The research was conducted using a quantitative approach, with a non-experimental and cross-sectional design. The population consisted of the water stored in the JASS SAP Paucarcolla reservoir, while the sample was made up of 1000 mL of water collected through standardized protocols, ensuring its preservation, integrity, and cold chain until laboratory analysis. The physicochemical results showed that color (<5 UCV), turbidity (0.29 NTU), electrical conductivity (139.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$), total dissolved solids (84 mg/L), pH (8.2), chlorides (18.72 mg/L), sulfates (5.78 mg/L), total hardness (18.52 mg/L CaCO_3), and nitrates (0.87 mg/L) were within the limits allowed by current regulations. Likewise, the microbiological results showed values lower than 1.1 CFU/100 mL for total coliforms and thermotolerant coliforms, indicating a non-detectable presence according to the analytical method used. In conclusion, the water from the JASS SAP Paucarcolla reservoir presents adequate physicochemical and microbiological conditions, complying with the Maximum Permissible Limits established in Supreme Decree No. 031-2010-SA; therefore, it can be considered suitable for human consumption according to the parameters evaluated.

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

INTRODUCCIÓN

La cuestión del uso del agua en los embalses de Puno se enfoca en la gran dependencia de la extracción del lago Titicaca, la susceptibilidad ante la escasez de agua, las continuas fugas en los sistemas de distribución y la antigüedad de la infraestructura que impacta a las zonas elevadas. El gobierno tiene la obligación de asegurar al ser humano, como titular del derecho fundamental al agua potable, al menos tres elementos clave: la disponibilidad, la calidad y la cantidad. Sin estos tres factores, esta característica perdería su esencia, más allá de la disponibilidad del recurso en sí. Por lo tanto, no se trata únicamente de afirmar que el agua está presente, sino de proporcionar un conjunto de condiciones mínimas que aseguren su uso y disfrute por parte del ser humano o beneficiario. A pesar de esto, según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Puno se posiciona como la segunda región con el mayor déficit en el acceso al agua potable de la red pública. Para asegurar un acceso correcto a este recurso, es fundamental tener en cuenta dos factores: i) la calidad del agua superficial que se emplea para el uso de la población, y ii) la infraestructura destinada a brindar los servicios de agua y saneamiento (Defensoría del Pueblo, 2022). El estudio sobre la calidad del agua del reservorio del distrito de Paucarcolla Del departamento de Puno, Puno, se estructura en cuatro capítulos diseñados de manera lógica y secuencial para cumplir con los objetivos de la investigación: De este modo el **Capítulo I**, expone el planteamiento del problema, describiendo el contexto a nivel internacional, nacional, regional o local y la importancia del recurso hídrico en la zona de estudio, a partir de ello se formularon las interrogantes; del mismo modo se realizó el sustento teórico mediante los antecedentes de investigación a nivel internacional, nacional y regional o local, lo que nos permitió fundamentar la justificación y delimitar los objetivos generales y específicos del estudio; seguidamente en el **Capítulo II** establece el marco teórico, donde se desarrollan las bases conceptuales sobre la calidad del agua, sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y el marco legal basado en los Límites Máximos Permisibles (LMP); además, se definen algunos conceptos básicos relacionados a las variables de

investigación y posterior formulación de las hipótesis de estudio; en el **Capítulo III**, se desarrolló el procedimiento metodológico de investigación, habiéndose considerado el tipo de estudio aplicada, de enfoque cuantitativo con un diseño no experimental de corte transversal. En esta sección se describe el área de estudio, las técnicas de recolección de muestras en el reservorio principal y los métodos analíticos empleados en el laboratorio; en el **Capítulo IV**, se desarrollaron los resultados obtenidos para cada objetivo general y específicos, seguidos de una discusión exhaustiva con los hallazgos encontrados por otros autores previamente y por último se realizó la contrastación de las hipótesis general y específicas.

Finalmente el documento concluye con la evaluación de los parámetros físico-químicos de las condiciones actuales del recurso hídrico, y su respectiva comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente, con la finalidad de garantizar su inocuidad y por último se presenta recomendaciones orientadas a la preservación y al monitoreo constante de estas fuentes naturales en beneficio de la población.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel de escala global, la calidad del agua constituye una preocupación creciente debido a su importancia para la salud de la población, el desarrollo de las actividades agrícolas e industriales y la conservación de los ecosistemas acuáticos. En este contexto, la contaminación de los recursos hídricos se ha convertido en una problemática ambiental de alcance mundial, ya que genera efectos negativos tanto sobre la biodiversidad como sobre la calidad de vida y el bienestar de las comunidades humanas (Moss, 2024). La problemática central radica en la contaminación de ríos, cuencas y microcuencas hidrográficas, originada principalmente por descargas de efluentes y actividades industriales que, en muchos casos, se desarrollan sin un adecuado control de los vertimientos generados. Esta situación contribuye al deterioro progresivo de la calidad del agua, generando impactos negativos sobre la salud de la población, la conservación de los ecosistemas acuáticos y el desarrollo de las actividades económicas que dependen de este recurso. Entre los casos más representativos se encuentran la severa contaminación del río Tietê en Brasil y los problemas de calidad del agua reportados en el río Babahoyo, en Ecuador. (Urbanski, 2024) en el Perú, la gestión sostenible y la conservación de los recursos hídricos constituyen desafíos importantes debido a diversos factores ambientales y antrópicos. La aplicación limitada de las políticas de protección ambiental, sumada a las deficiencias en la infraestructura destinada al tratamiento de aguas residuales, ha contribuido al incremento de la contaminación en ríos, lagos y

cuencas hidrográficas. Esta problemática se evidencia en cuerpos de agua como los ríos Mantaro, Vilcanota y Chillón, donde se han reportado altos niveles de contaminación que generan impactos negativos tanto en la salud de la población como en la estabilidad de los ecosistemas acuáticos. En nuestro país persisten las brechas notorias en el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento, particularmente en las zonas rurales. A pesar de que catorce de los veinticuatro departamentos del país concentran el 91 % de la población con acceso a redes públicas de abastecimiento de agua, aún persisten importantes brechas en los servicios de saneamiento. Se estima que más de ocho millones de personas no cuentan con servicio de alcantarillado y aproximadamente tres millones carecen de acceso seguro al agua potable. Esta situación se hizo más evidente durante la pandemia de la COVID-19, que puso de manifiesto la necesidad de garantizar el acceso a estos servicios esenciales, especialmente en los asentamientos humanos informales donde las condiciones sanitarias son deficientes. Asimismo, continúan observándose marcadas diferencias entre las zonas urbanas y rurales. Mientras que en las áreas urbanas solo el 4,7 % de la población no tiene acceso a una red pública de agua, en el ámbito rural esta proporción alcanza el 25,3 %. En cuanto al saneamiento, la brecha es aún más significativa, ya que únicamente el 17 % de la población rural dispone de alcantarillado, en comparación con el 89 % registrado en las zonas urbanas. Por otro lado, según información de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y del Ministerio de Salud del Perú, más de diez millones de habitantes, equivalentes al 31 % de la población nacional, se encuentran expuestos a metales pesados y otras sustancias tóxicas presentes en diversas microcuencas, situación que constituye un serio riesgo para la salud pública y el bienestar de las generaciones presentes y futuras (Chira, 2024). Aunque existen avances logrados durante los últimos diez años, nuestro país aún se encuentra lejos de concretar con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con el acceso universal al agua y al saneamiento. Para esta problemática, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) ha destinado importantes inversiones en proyectos orientados a mejorar la cobertura y calidad de estos servicios en

ámbitos urbanos y rurales (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), 2024); el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), elaboró un informe exhaustivo sobre la calidad del agua superficial en 91 localidades pertenecientes a distintas zonas hidrográficas del departamento de Puno, información recopilada entre los años 2011 y 2020, en base a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua. Como ente rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos (SNGRH), la ANA cumple un papel esencial en la conservación, supervisión y gestión integral de los recursos hídricos a nivel nacional, garantizando la sostenibilidad y protección del recurso agua en el país (Sinia, 2023), Así mismo se observó en los reportes de presencia de agua con turbidez en el distrito de Paratia, provincia de Puno, el Ministerio de Salud (MINSA), a través de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) y en coordinación con la Dirección Regional de Salud (DIRESA) Puno, llevó a cabo un monitoreo de la calidad del agua para consumo humano. Las inspecciones determinaron que el sistema de abastecimiento no presentaba afectaciones estructurales; sin embargo, se efectuó la recolección de muestras para su análisis fisicoquímico y microbiológico, con el propósito de garantizar la inocuidad del recurso hídrico destinado a la población local (Ibañez, 2018).

En la comunidad de Paucarcolla pueblo, el abastecimiento de agua proviene del río totorani ubicados en el cerro Chingarani. Sin embargo, los sistemas de captación y distribución se encuentran en condiciones aceptables con ligeros mantenimientos pendientes. Además, no existe un programa adecuado de monitoreo, inspección y control de la calidad del agua destinada al consumo humano. Ante esta situación, resulta fundamental evaluar los parámetros físicos-químicos y microbiológicos del recurso hídrico, con el propósito de salvaguardar la salud de los habitantes y promover la implementación de un sistema de abastecimiento que garantice el acceso a agua segura y apta para el consumo.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo cumplen a los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el panorama de los parámetros físico-químicos del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla pueblo y su cumplimiento con los Límites Máximos Permisibles (LMP), Puno -2025?
- ¿Cuál es la condición de los parámetros microbiológicos del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla pueblo y su cumplimiento con los Límites Máximos Permisibles (LMP), Puno -2025?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Cruz et al. (2021) en su investigación titulado “Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua en cuatro lagos cráter del estado Puebla, México”, se analizó de manera mensual durante un año la calidad microbiológica del agua (CMA) de cuatro lagos cráter: Alchichica (ALCHI), Atexcac (ATx), La Preciosa (LPr) y Quechulac (QUE). Se aplicaron métodos para medir coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), enterococos (ENT), E. coli (E. coli + Rodococcus) y Clostridium perfringens. Se identificó la presencia de E. coli en QUE, que resultó ser el más contaminado, seguido por ALCHI y LPr. Las medidas de pH, oxígeno disuelto y temperatura se mantuvieron constantes a lo largo del estudio. La salinidad mostró variaciones entre 0 y 10. 0 mgL⁻¹. Mediante la asociación con Rodococcus, se determinó que ATx, LPr y ALCHI tenían contaminación proveniente de ganado, mientras que QUE mostraba contaminación fecal de origen humano. E. coli no se encuentra de forma natural en los Axalapascos, lo que indica que su presencia es artificial y se considera oportunista debido a las descargas fecales de ganado provenientes de prácticas agropecuarias inadecuadas. Los niveles de contaminación

microbiológica en los lagos cráter exceden los límites establecidos para su uso en actividades humanas, ganaderas y turísticas.

Tabera et al. (2023) tuvo como objetivo analizar el agua de ocho fábricas de productos lácteos artesanales en el municipio de Tandil, ubicado en la provincia de Buenos Aires, Argentina, las cuales dependen de agua subterránea. Se recopilaban informaciones y se realizaron muestreos de agua en varias visitas realizadas entre 2016 y 2020. Los análisis mostraron que un 41 % de las muestras tomadas de las perforaciones no cumplían con los estándares físicos y químicos definidos por el Código Alimentario Argentino para el agua potable, principalmente debido a niveles elevados de nitratos o sales que provocan dureza; y un 41 % resultaron no aptas con base en criterios microbiológicos, sobre todo por un elevado recuento de coliformes totales (CT). También se registraron altos niveles de CT, así como la presencia de *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* en las muestras recolectadas de grifos en la sala de ordeño (54 % de las muestras con CT, 19 % con *E. coli* y 12 % con *P. aeruginosa*) y en las queserías (33 % de las muestras con CT, 7 % con *E. coli* y 2 % con *P. aeruginosa*). Clostridios sulfito reductores, enterococos y salmonella spp. Aunque la calidad del acuífero en el lugar es generalmente buena, estos resultados indican lugares con contaminación puntual que podría estar vinculada a la infiltración de desechos y el manejo inadecuado de excretas cercanas a los pozos. Utilizar agua con problemas de calidad microbiológica y/o física y química en la producción puede influir negativamente en la calidad de los productos y representar un riesgo para la salud del consumidor.

Sánchez & Guangasig (2023) en su estudio, el objetivo fue determinar la calidad microbiológica del agua potable en Ecuador mediante una revisión de literatura. La metodología incluyó la recopilación de información de artículos publicados en los últimos cinco años, utilizando motores de búsqueda académicos y palabras clave relacionadas con el tema. Los resultados indican que es esencial evaluar la calidad del agua para proteger la salud pública. Las regulaciones actuales en Ecuador establecen que el agua de buena calidad debe satisfacer ciertos requisitos físicos, químicos y microbiológicos.

También se señala que consumir agua no tratada puede contribuir a la aparición de diversas enfermedades gastrointestinales provocadas por bacterias, virus y parásitos. Las investigaciones realizadas en Ecuador sugieren que el agua que sea apta para el consumo debe cumplir con los estándares de calidad determinados por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108-2020. Esta norma exige que los coliformes fecales y totales no superen los 1,1 NMP/100mL. Se mencionan organismos como *Escherichia coli*, *Shigella* y *Salmonella*, responsables de diarreas agudas, así como parásitos como *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia* que causan infecciones intestinales. Las instituciones encargadas de asegurar la calidad del agua en Ecuador deben adoptar una serie de acciones para reducir la contaminación microbiológica. Entre las recomendaciones de los autores se sugiere evitar beber agua directamente del grifo, hervirla entre uno y tres minutos, y utilizar métodos de filtración y purificación.

Cadme et al. (2025) en su estudio titulada “Calidad del Agua Potable en las Zonas Rurales Periféricas del Cantón Quevedo, Ecuador”, se subraya que la potabilidad del agua es un elemento esencial para la salud y el bienestar de cualquier comunidad, especialmente en las áreas rurales periféricas de Quevedo, Ecuador, donde la infraestructura para el suministro de agua es inadecuada y hay una alta exposición a agentes contaminantes. Esta investigación tiene como propósito llevar a cabo un análisis exhaustivo de la calidad del agua potable. Para lograr esto, se eligieron cinco localidades representativas del cantón Quevedo para evaluar la carga microbiana y analizar los coliformes totales, la textura del suelo, el pH del suelo, así como los contenidos de nitratos, nitritos, cobre y cromo en el agua. Los hallazgos revelaron variaciones importantes en la calidad del agua y del suelo entre las distintas localidades. La carga microbiana y el número de coliformes totales fueron más elevados en SCR 3, lo que sugiere una posible fuente de contaminación local. Se observó que la textura del suelo variaba, siendo predominantemente arenosa en SCR 2 y SCR 3, lo cual impacta en la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes. Los valores de pH del suelo fluctuaron entre 6.0 y 7.0, siendo SCR 3 el que mostró el pH más bajo. La concentración de

nitratos alcanzó su punto más alto en SCR 2 (20 mg L⁻¹), mientras que los nitritos fueron más elevados en ESP 2 (0.12 mg L⁻¹). Los niveles de cobre mostraron variaciones, siendo más altos en AGR (18 mg L⁻¹), y los niveles de cromo hexavalente fueron más elevados en SCR 2 (0.075 mg L⁻¹). Estas variaciones en la calidad del agua y del suelo tienen una relevancia significativa para la salud pública y la productividad agrícola. Se identificaron posibles fuentes de contaminación y se sugirieron acciones de mitigación para mejorar la calidad del agua, fomentar la salud pública y apoyar el desarrollo agrícola sostenible en las comunidades rurales de Quevedo.

Sagñay (2023) en Ecuador, se llevó a cabo una investigación en la localidad de Airón, en el cantón Chambo de la provincia de Chimborazo, fijando como meta principal realizar un análisis detallado de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua potable. Con el aval de la Junta Administradora de agua potable del cantón Airón y conforme a las normativas de la NTE INEN 1108:2020 "Agua potable. Requisitos", se examinaron varios indicadores en la red de suministro, incluyendo aspectos físicos: color, turbidez, sólidos disueltos totales y conductividad; aspectos químicos: dureza, alcalinidad, calcio, pH, magnesio, nitratos, nitritos, fluoruros, cloro residual libre, sulfatos, fosfatos, hierro y amonio; y finalmente, parámetros microbiológicos: NMP, filtración por membrana y identificación de parásitos mediante centrifugación. Los procedimientos aplicados, en concordancia con las guías de "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" y la técnica Hach, permitieron una evaluación completa que abarcó aspectos microbiológicos como coliformes totales y fecales. También se implementaron procedimientos especializados, como la coloración Ziehl Neelsen para la identificación de parásitos y el aislamiento de bacterias de interés, tales como *Escherichia coli*, tanto activa como inactiva, *Salmonella paratyphi A* y *Staphylococcus aureus*. Los hallazgos demostraron carencias importantes, revelando promedios de color del 25% (Pt-Co), turbidez del 25% en NTU, y un preocupante 100% de las muestras que no cumplían con las regulaciones vigentes en cuanto a fosfatos y hierro. En el análisis microbiológico, se observó una clara presencia de contaminación fecal. En resumen, se emplearon

antibiogramas para analizar la resistencia y sensibilidad de las bacterias a diversos antibióticos utilizando discos de sensibilidad; además, se concluyó que el agua que utilizan los habitantes de Airón no satisface los criterios microbiológicos definidos por la norma NTE INEN 1108:2020-04 para el consumo humano. Se sugiere llevar a cabo una captación adecuada en las fuentes y realizar controles regulares para medir la calidad del agua, además de implementar medidas efectivas ante posibles contaminaciones, junto con un tratamiento de cloro orgánico.

Martínez et al. (2021) tuvieron como objetivo analizar las propiedades físico-químicas y microbiológicas de las fuentes de agua en la comunidad para evaluar su seguridad para el consumo humano, de acuerdo con las pautas de la OMS. Se empleó un enfoque cuantitativo y un diseño transversal. Se tomaron muestras de agua de tanques de almacenamiento y reservorios, examinando en laboratorio aspectos como turbidez, pH, conductividad, metales pesados y coliformes totales/fecales. Los resultados físicos y químicos (pH y turbidez) estuvieron dentro de los límites aceptables. Sin embargo, el 68% de las muestras de los reservorios comunitarios resultaron positivas para coliformes totales, debido a la ausencia de sistemas de desinfección constantes. Se llegó a la conclusión de que, a pesar de su excelente composición química, el agua presentaba un riesgo biológico específico, sugiriendo la necesidad inmediata de establecer sistemas de cloración en la comunidad.

Andrade & Espinoza (2022) en Ecuador, tuvieron como objetivo evaluar la calidad del agua potable de fuentes superficiales y reservorios comunitarios, comparándola con la norma técnica ecuatoriana (INEN), el método investigación utilizada fué cuantitativa, descriptiva y no experimental. Se recopilaron muestras estacionales, manteniendo la cadena de frío, para analizar pH, conductividad eléctrica, dureza, sulfatos y coliformes. La conductividad eléctrica promedio resultó ser baja (menos de 200 uS/cm), lo que sugiere una ligera mineralización aceptable. Sin embargo, se encontraron pequeñas cantidades de coliformes en los lugares de almacenamiento previos a la distribución. El análisis concluyó que las fuentes naturales ofrecen una calidad intrínseca elevada, aunque la falta

de tratamiento de desinfección final (cloración) en el almacenamiento afecta la seguridad bacteriológica del agua.

Castro & Pérez (2023) en Colombia, en su investigación tuvieron como objetivo examinar la adecuación del agua de fuentes naturales que alimentan depósitos locales antes de que se incorpore a la red de abastecimiento. Se utilizó un enfoque no experimental, cuantitativo y transversal. Las muestras fueron analizadas en laboratorios certificados, evaluando turbidez (NTU), nitratos, cloruros y unidades formadoras de colonias (UFC) de coliformes. Los niveles de turbidez registraron valores mínimos (1 NTU) y el pH permaneció constante. En el análisis microbiológico, se detectaron concentraciones mínimas, aunque presentes, de bacterias coliformes en las captaciones naturales. Las fuentes de agua de montaña necesitan sistemas de filtración gruesa y desinfección obligatoria según la legislación, dado que el escurrimiento natural contiene microorganismos que complican su consumo directo en su estado original.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Benavides (2023) tuvo como objetivo principal evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua destinada al consumo humano en el distrito de Pardo Miguel, parte de la provincia de Rioja, que está en la región de San Martín. Se formuló una hipótesis basándose en la literatura existente, presupuestando que la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua excede los límites máximos permitidos, lo que indica que no es adecuada para la ingesta humana. Se seleccionaron tres áreas de la localidad para llevar a cabo el muestreo de agua en la sección de metodología, utilizando un enfoque de muestreo estadístico. Cada dos semanas, se recogieron de manera aleatoria muestras de agua de un litro provenientes de domicilios y se enviaron a un laboratorio para análisis microbiológico, conforme a la normativa D. S. 031 - 2010 S. A. Tras recibir el informe del laboratorio, se procedió a organizar los datos, llegando a la conclusión de que, en términos de parámetros microbiológicos, el promedio de coliformes totales era de 63. 33 UFC/100ml, mientras que los coliformes termotolerantes alcanzaron 13. 33 UFC/100ml y las bacterias heterotróficas 4169. 33 UFC/100ml, sobrepasando en todos los casos los

valores límites permisibles. En la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua para ser consumida por humanos, se determinó que su turbiedad promedio fue de 9.47 NTU y el color 16 UCV, ambos superiores a los límites máximos permitidos. Los otros parámetros analizados, como conductividad, sólidos totales disueltos, pH, cloruros, sulfatos, hierro y manganeso, se mantenían dentro de los límites controlables. En relación con la calidad del agua para consumo, se concluye que esta no es adecuada; por lo tanto, no se puede considerar segura para el consumo inmediato.

Bombilla & Pizarro (2025) tuvieron como objetivo, evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua destinada al consumo humano del sistema de suministro a través de cisternas en la Asociación de Vivienda de Valle Grande Ate Vitarte en noviembre de 2024, se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo, permitiendo medir los distintos parámetros microbiológicos y fisicoquímicos presentes en el agua. Se utilizó un diseño no experimental y de carácter transversal, analizando las condiciones del agua sin alterar ninguna variable, realizando la recolección de datos en un solo momento. Además, se adoptó un enfoque descriptivo, centrado en observar y detallar la calidad del agua disponible. La muestra del estudio incluyó tres proveedores de agua en cisterna. Para el análisis, se recolectaron nueve muestras de 100 ml cada una, distribuidas equitativamente entre los proveedores. Los resultados indicaron que la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano mostró que los proveedores A, B y C cumplían con las normativas establecidas. El pH se encontraba dentro del rango permitido, entre 6.5 y 8.5. Igualmente, los sólidos totales se hallaron dentro del límite permitido de ≤ 1000 mg/L, umbral máximo aceptable para asegurar que el agua es segura para el consumo humano. Relacionado a los parámetros microbiológicos, los proveedores A, B y C satisfacen los criterios establecidos para las Bacterias Heterotróficas, Bacterias coliformes Totales, Escherichia coli, y Coliformes Termotolerantes o fecales, cumpliendo con las normativas según el DS N° 031-2010-SA. En conclusión, los proveedores A, B y C se adecuan a todos los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos para garantizar la calidad del agua de consumo humano.

Gonzales et al. (2023) en su investigación tuvieron como propósito aportar datos actualizados sobre la calidad del agua en seis comunidades rurales situadas en las zonas altas andinas del departamento de Huancavelica, Perú, en relación a factores fisicoquímicos y microbiológicos. Las localidades incluidas fueron Antacocha, Huaylacucho, Pampachacra, Pueblo Libre, San Gerónimo y Sachapite, que se encuentran a altitudes que oscilan entre 3782 m. s. n. m. y 4196 m. s. n. m, y donde se examinaron un total de 17 reservorios de agua. La revisión fisicoquímica consideró elementos como la turbidez, conductividad eléctrica, pH, concentración total de sólidos disueltos y potencial de oxidación; mientras que la parte microbiológica se enfocó en la detección de *Echericha Coli*, así como coliformes termotolerantes y fecales. Como hallazgo, solo 1 de 17 (5,9%) puntos de muestreo superó el límite de turbidez permitido de 5 NTU según la normativa peruana; los demás factores se sitúan dentro de los límites establecidos. En cuanto a los aspectos microbiológicos (*Echericha Coli*, coliformes termotolerantes y fecales), se identificó que 4 de 17 (23,5%) puntos de control excedieron los límites permitidos por la regulación de agua potable; además, se observó una relación entre los tres parámetros mencionados.

Ruiz (2022) evaluó la idoneidad del agua para el uso humano, a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Para llevar a cabo esta evaluación y verificar su aptitud para el consumo, se basó en el Reglamento de Calidad de Agua para consumo humano (DS N° 031- 2010-SA) y los Estándares de Calidad Ambiental (DS N° 004-2017-MINAM, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A: Aguas Superficiales para la producción de agua potable). La muestra se tomó del Reservorio, situado en las coordenadas UTM Este 0426338 Norte 8886267 Altitud 1542 msnm; la obtención de la muestra se realizó de acuerdo con la Resolución Directorial N° 160-2015/DIGESA/SA, analizando parámetros de campo, fisicoquímicos (Temperatura, Turbidez, pH, Dureza, Conductividad, Color y Sólidos Disueltos Totales) y microbiológicos (Coliformes Totales, Coliformes Fecales, *Escherichia Coli*). La información se recolectó mediante la toma de muestras en el campo, utilizando un equipo multiparámetro para el monitoreo y enviando

las muestras al laboratorio para su análisis fisicoquímico y microbiológico. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos fueron: Turbidez < 0.40 ; Temperatura $\Delta 2$; Dureza 23.07; Color < 5 ; Sólidos Disueltos Totales 60.5; pH 7.28; Conductividad 69.2. En los parámetros microbiológicos, se registraron Coliformes Totales < 1.1 ; Coliformes Fecales < 1.1 ; Escherichia Coli < 1 . A partir de esto, se concluye que el agua consumida por la población de Buenavista es adecuada para el consumo humano, ya que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos cumplen con los Límites Máximos Permitidos establecidos en el DS N° 031-2010-SA y con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua del DS N° 004-2017-MINAM.

Manco (2025) en su trabajo de investigación, se propone analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas de 21 recursos, que se dividen en fuentes termales, salinas y azufradas. Se llevaron a cabo mediciones tanto en el lugar como en laboratorio de varios parámetros, y estos fueron evaluados a través de análisis de tendencias centrales y componentes principales. La temperatura del agua varió entre 15.10 °C y 38.20 °C. El pH se encontró en un rango de 5.20 a 8.72. Se registraron niveles altos de conductividad eléctrica, alcanzando hasta 253 mS/cm. Los sólidos disueltos en total llegaron hasta 162.50 g/L. Esta diferencia en las propiedades fisicoquímicas está relacionada con la geografía, la composición del suelo y la altitud de la región. No obstante, se detectaron limitaciones importantes para un uso inmediato. La detección de E. coli y otros microorganismos indica la presencia de contaminación fecal. Resulta crítico que se hallaron niveles altos de arsénico en todas las fuentes y de aluminio en la mayoría, superando los límites permitidos. Esto llevó a una clasificación general de calidad "Regular" para actividades recreativas de primer contacto. A pesar de que las fuentes tienen un potencial recreativo, terapéutico y biotecnológico, su uso seguro depende de manera ineludible de gestionar los riesgos sanitarios y toxicológicos que se han señalado. Se necesitan implementar estrategias de manejo, control y tratamientos apropiados, teniendo en cuenta el posible efecto en la microbiota local. Es vital avanzar

en la investigación y examinar cada fuente para establecer intervenciones que sean seguras y sostenibles.

Vásquez (2024) en su estudio, se propuso analizar la percepción y la calidad del agua destinada al consumo humano, utilizando indicadores bacteriológicos en Olmos. Se recolectaron muestras en cuatro puntos diferentes, con una frecuencia mensual desde enero hasta junio de 2023, totalizando 24 recolectas; el seguimiento se ejecutó según los lineamientos establecidos en la resolución R. D. N°. 160-2015/DIGESA/SA, y posteriormente, las muestras fueron enviadas al Laboratorio Regional del Agua en Cajamarca para su correspondiente análisis. Para evaluar la percepción de los elementos estéticos (color, olor y sabor), se realizó una encuesta a 145 participantes del sistema. Los hallazgos de las captaciones se contrastaron con el D. S. N°. 004-2017-MINAM; mientras que las muestreadas en los reservorios fueron comparadas con los ECAs y el D. S. N° 031- 2010-SA; revelando que la temperatura más alta registrada fue 13. 6 °C (reservorio 2) y la más baja 10. 9 °C (captación La Paccha); el pH alcanzó un máximo de 9. 8 (captación La Paccha) y un mínimo de 7. 41 (reservorio 2); la concentración máxima de coliformes totales se detectó en la captación El Vado (540 NMP/100mL y 1. 0 NMP/100mL); no obstante, la carga más alta de coliformes fecales fue de 110. 0 NMP/100mL (captación El Vado) y la más baja de 1. 0 NMP/100mL (captación La Paccha). Además, el total de los usuarios se mostró en desacuerdo con el olor (100%), el 6.8% con el color y el 22.2% con el sabor. En conclusión, la calidad bacteriológica del agua excede los parámetros de los ECAs y LMP, considerándose inapropiada para el consumo humano, y la percepción de los usuarios es negativa y no satisfactoria.

Chuquiruna (2022) cuyo objetivo fue analizar la calidad del agua en siete puntos de captación de seis poblaciones dentro del distrito de La Encañada, en la región de Cajamarca. Para ello, se utilizó el índice de calidad de agua ICA-PE de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Perú y se realizaron comparaciones entre los análisis de 2017 y los de 2022. Los hallazgos indicaron que seis de las siete fuentes mostraron una calidad excelente, mientras que una fuente, la Huacaloma, tuvo una calidad regular.

Además, se comprobó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los análisis de 2017 y 2022 en las seis fuentes con calidad excelente. Este estudio enfatiza que, a pesar de que la mayoría de las fuentes están en condiciones adecuadas, todavía hay fuentes que presentan una calidad inferior y resalta la necesidad de un monitoreo constante para asegurar agua potable para el consumo humano.

1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL

Mamani (2025) tuvo como propósito analizar las propiedades del agua en el reservorio de la comunidad de Millojachi, Puno, con el fin de evaluar su idoneidad para el consumo humano conforme a la legislación peruana (D. S. N. ° 031-2010-SA) y a la resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Para este análisis, se utilizó un método estadístico descriptivo comparativo. Se recogieron muestras de agua en frascos estériles de un litro, siguiendo las normas de custodia y conservación indicadas (5 ± 3 °C), que luego fueron evaluadas en un laboratorio acreditado. Se llevaron a cabo mediciones de parámetros fisicoquímicos, la presencia de metales y metaloides, y también se comprobaron indicadores biológicos y microbiológicos. Los hallazgos indicaron que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos (pH: 8.1; turbidez: 1.0 NTU; dureza: 154.61 mg/L; nitratos: 1.36 mg/L) y los metales pesados (As: 0.00055 mg/L; Pb: 0.0013 mg/L) se ajustan a los límites establecidos. De igual manera, no se encontraron helmintos, protozoos ni organismos libres, lo que elimina la posibilidad de contaminación parasitaria. Por otro lado, se observó un nivel de coliformes totales (7.8 NMP/100 mL) que supera los límites normativos y un nivel de cloro libre residual bajo (<0.02 mg/L), lo que indica problemas en la desinfección y un posible riesgo para la salud. La discusión revela un patrón común en las fuentes rurales de Puno: si bien la calidad química del agua es buena, el control microbiológico es deficiente. Se llega a la conclusión de que el agua del reservorio es adecuada desde el punto de vista fisicoquímico y biológico, pero es necesario mejorar el proceso de cloración y fortalecer el monitoreo microbiológico para asegurar su potabilidad y disminuir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua.

Machaca (2025) planteó como analizar y evaluar si el agua potable del área de Patallani se ajusta a los estándares definidos en el D. S. 2004-2017 MINAM, en relación con los índices físico-químicos y microbiológicos, la metodología empleada consistió en recolectar muestras de agua en cuatro ubicaciones: PM1 captación, PM2 reservorio, PM3 vivienda media y PM4 última vivienda. Además, para las pruebas físico-químicas se aplicó el método de la NTP, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 14th edition - 1975, 20th edition - 2005 APHA AWWA WPPC. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se llevó a cabo utilizando el método de número más probable de coliformes (NMP) y el recuento estándar en placa (Thatcher F. y Clarck D.). Los resultados del análisis para los índices físico-químicos indican que las mediciones realizadas en todos los puntos mencionados cumplen con los límites establecidos por el D. S. 004-2017 MINAM. Sin embargo, en lo referente a los parámetros microbiológicos, solo el reservorio PM2 se ajusta a los límites permitidos para coliformes totales (≤ 50 NMP/100 ml) y bacterias heterotróficas (≤ 500 UFC/ml), mientras que en la Captación y las viviendas media y última (PM1, PM3 y PM4), se superaron los límites microbiológicos establecidos, lo que sugiere contaminación en esos lugares. En conclusión, los parámetros físico-químicos otorgan cumplimiento a los límites establecidos en todos los puntos de muestreo, en contraste con los índices microbiológicos donde únicamente el reservorio cumple con los criterios fijados por el D. S. 004-2017 MINAM. La captación, junto a la vivienda media y la última vivienda, presentan niveles altos de coliformes totales y bacterias heterotróficas.

Mamani (2022) tuvo como objetivo examinar las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas de los manantiales Huayllani y Occororo Pujo, siguiendo los criterios de calidad ambiental del agua para uso humano en la comunidad de Añavile. Esto se llevó a cabo para verificar si el agua consumida cumple con los estándares establecidos en el DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. La metodología empleada es de tipo descriptiva, empleando 4 puntos de monitoreo y realizando 3 muestreos para los parámetros fisicoquímicos, así como 1 muestreo para los

microbiológicos en cada punto durante un período de 3 meses continuos. En total, se analizaron 10 parámetros fisicoquímicos y 2 microbiológicos por cada muestra. Los promedios de los resultados obtenidos son: pH (de 6.89 a 7.82), temperatura (de 5.6 a 8.2 °C), conductividad eléctrica (de 233.7 a 782.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (de 231.3 a 494.0 mg/l), oxígeno disuelto (de 6.2 a 9.0 mg/l), nitratos (de 8.5 a 13.1 mg/l), sulfatos (de 67.9 a 92.1 mg/l), cloruros (de 46.1 a 113.5 mg/l), carbonatos (0.00 mg/l), turbidez (de 115.1 a 387.1), *Escherichia Coli* (0.0 UFC/100 ml) y coliformes termotolerantes (0.0 UFC/100 ml). Estos resultados evidencian que las aguas de los manantiales Huayllani y Occororo Pujo, en los 4 puntos de monitoreo, cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) estipulados en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, clasificados en la Categoría 1: Poblacional y recreativa, Subcategoría A: Aguas Superficiales que pueden ser utilizadas para la producción de agua potable, las cuales son potencialmente tratables mediante desinfección. En resumen, las aguas de los manantiales Huayllani y Occororo Pujo son adecuadas para el consumo humano.

Ordoño (2025) en su investigación, el estudio se centró en diagnosticar las condiciones hídricas del sistema de distribución de la comunidad de Molloco (Acora). Para ello, se recolectaron muestras en tres puntos clave: captación, almacenamiento y consumo domiciliario, evaluando indicadores físicos, químicos y bacteriológicos (como pH, metales pesados, coliformes y *E. coli*). Adicionalmente, se emplearon encuestas del SIRAS para medir la viabilidad operativa de la infraestructura y se calculó el Índice de Calidad del Agua (ICA). Los hallazgos revelaron que el recurso hídrico vulnera los estándares normativos vigentes debido a una alta carga microbiológica que excede los límites legales. En consecuencia, el agua fue catalogada como "pésima" y la gestión del sistema se declaró insostenible.

Vargas & Tito (2026) desarrollaron una investigación con el propósito de determinar la calidad del agua destinada al consumo humano en el centro poblado Santa Ana de Tarucani, en la región Puno, durante el año 2025. El estudio se realizó bajo un enfoque

cuantitativo, de alcance descriptivo y con un diseño no experimental de tipo transversal. Para la evaluación, se analizaron parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos en tres puntos representativos del sistema de abastecimiento de agua: el reservorio, la primera vivienda y la última vivienda de la red de distribución. Asimismo, se aplicó una encuesta de percepción a 50 jefes de familia para conocer la opinión de los usuarios sobre la calidad del servicio. Los resultados permitieron concluir que el agua no reúne las condiciones necesarias para su consumo directo, debido a la presencia de contaminación microbiológica, la ausencia de cloro residual y la existencia de riesgos químicos asociados a metales pesados, factores que podrían afectar la salud de la población beneficiaria.

Bustincio (2026) en su estudio, la autora se propuso evaluar la calidad del agua de la bahía del Lago Titicaca, situada en el distrito de Puno, mediante la determinación de parámetros físicos, químicos y biológicos, contrastándolos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua vigentes en el Perú. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un nivel descriptivo-comparativo, seleccionando tres puntos de muestreo representativos en función de su influencia urbana y ambiental. Asimismo, se empleó la prueba estadística ANOVA para analizar las diferencias entre los resultados obtenidos y los valores de referencia establecidos en la normativa ambiental. Los resultados permitieron concluir que la calidad del agua de la bahía presenta un deterioro considerable, especialmente en los parámetros químicos y biológicos, debido a que se registraron concentraciones elevadas de dureza total, cloruros, sulfatos, coliformes totales y coliformes termotolerantes, evidenciando la influencia de actividades antrópicas como fuente principal de contaminación.

Tique (2025) en su investigación, tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano y su relación con el nivel de satisfacción de los pobladores del sector Barco, en el distrito de Chucuito. La metodología empleada correspondió a un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, de tipo descriptivo transeccional y alcance correlacional. Para la recolección de datos, se efectuó un monitoreo ambiental en tres

puntos del sistema de abastecimiento de agua: el ojo de agua, el reservorio y la pileta. Asimismo, se aplicó un cuestionario estructurado a los pobladores con la finalidad de conocer su percepción respecto al servicio recibido. Los resultados permitieron concluir que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados se encontraron dentro de los límites establecidos por la normativa vigente; sin embargo, las concentraciones de sulfatos excedieron el valor máximo permitido, evidenciando una alteración en la calidad química del agua. Además, se determinó que existe una relación entre la calidad del agua y el nivel de satisfacción de los usuarios, destacándose la importancia de realizar monitoreos permanentes para garantizar un abastecimiento seguro y de calidad.

Aguilar (2025) en su estudio, tuvo como finalidad evaluar la calidad del agua utilizada por las poblaciones asentadas en las cercanías del río llave, debido a que este constituye una fuente importante para el abastecimiento de agua destinada al consumo humano. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, descriptivo y de corte transversal. La investigación estuvo orientada a verificar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la legislación peruana, particularmente en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Para ello, se realizaron muestreos en diferentes sectores del río, tanto en la parte alta como en la parte baja de la cuenca, analizándose parámetros físicos, químicos y microbiológicos, entre ellos pH, conductividad eléctrica, turbidez, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, DBO₅, coliformes totales y coliformes termotolerantes. Los resultados permitieron concluir que el agua del río llave no reúne las condiciones necesarias para ser destinada al consumo humano, debido a que parámetros como la turbidez, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y los coliformes termotolerantes excedieron los límites establecidos por la normativa vigente. Esta situación evidencia un nivel de contaminación entre moderado y alto, atribuible principalmente a las descargas de aguas residuales domésticas y agrícolas, así como a la falta de un tratamiento adecuado previo a su utilización por parte de la población.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar en qué medida las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo cumplen a los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el panorama de los parámetros físico-químicos del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla pueblo y su cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.
- Evaluar la condición de los parámetros microbiológicos del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla pueblo y su cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. CALIDAD DE AGUA

El agua de calidad adecuada constituye un elemento indispensable para la vida, la salud de las poblaciones y el desarrollo sostenible. No obstante, sus propiedades pueden verse modificadas por diversos factores de origen natural y humano. Dentro de los factores naturales se encuentran las características geológicas del terreno, las lluvias, el tipo de suelo y la vegetación presente en el entorno. Por otro lado, las actividades antrópicas, como la agricultura intensiva, la minería, el vertimiento de aguas residuales y la gestión inadecuada de residuos sólidos, representan las principales causas de contaminación hídrica. En ese sentido, los parámetros fisicoquímicos permiten conocer la composición del agua e identificar posibles cambios en su calidad. Entre los indicadores más utilizados se encuentran el pH, la turbidez, la conductividad eléctrica, la dureza, los sólidos disueltos totales y la presencia de iones como cloruros, sulfatos y nitratos. Estos parámetros brindan información importante sobre la existencia de sales minerales, materia orgánica u otros contaminantes que podrían comprometer la aptitud del agua para el consumo humano (Dongo, 2025).

2.1.1.1. Agua destinada al consumo humano

2.1.1.2. Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua

El estudio de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua es fundamental para establecer su calidad y determinar si resulta apta para el consumo humano. A través de estas propiedades es posible conocer las condiciones naturales del recurso hídrico,

así como identificar posibles alteraciones ocasionadas por procesos de contaminación. Las características fisicoquímicas se vinculan con los elementos y condiciones que influyen en la apariencia, el sabor y la composición mineral del agua. Entre los parámetros más utilizados se encuentran el color, olor, sabor, turbidez, temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, dureza, cloruros, sulfatos y nitratos. Estos indicadores permiten reconocer la presencia de sustancias disueltas, partículas suspendidas y compuestos químicos de origen natural o derivados de actividades humanas. Así, por ejemplo, un nivel elevado de turbidez puede estar asociado a la presencia de partículas coloidales o materia orgánica, mientras que una alta conductividad eléctrica refleja una mayor concentración de sales minerales disueltas en el agua (Chirinos, 2024).

2.1.1.3. Parámetros Físicos

a. Color

El color del agua se produce por la presencia de compuestos disueltos y partículas suspendidas que alteran su aspecto visual. Esta característica puede tener un origen natural, como la descomposición de materia orgánica o la existencia de minerales con contenido de hierro, o estar asociada a actividades humanas, como las descargas industriales, agrícolas o de otro tipo. Las tonalidades que puede presentar el agua, desde colores claros hasta tonos verdosos, marrones o rojizos, permiten advertir posibles cambios en su composición química y en su condición ambiental. Por esta razón, el color constituye un indicador importante dentro del análisis de la calidad del agua destinada al consumo humano (Karls, 2024).

b. Turbidez

La turbidez del agua es un parámetro importante que permite identificar la presencia de partículas suspendidas capaces de disminuir su transparencia y claridad. Esta condición puede originarse por procesos naturales, como la erosión del suelo o la descomposición de materia orgánica, así como por la incorporación de agentes contaminantes al recurso hídrico. Su medición se realiza en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), y según

las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua destinada al consumo humano debe presentar valores menores a 5 NTU. Cuando la turbidez supera dicho límite, puede representar un riesgo para la salud y afectar la eficiencia de los procesos de desinfección, debido a que las partículas suspendidas pueden proteger a los microorganismos presentes en el agua. En ese sentido, el control de este indicador resulta fundamental para asegurar un abastecimiento de agua segura y adecuada para el consumo humano (Hanna, 2024).

c. Conductividad

La conductividad eléctrica del agua se refiere a su capacidad para transmitir corriente eléctrica, la cual depende principalmente de la cantidad de sales disueltas presentes en forma de iones, tanto cationes como aniones. Este indicador permite conocer el nivel de mineralización del agua, es decir, la concentración de compuestos inorgánicos disueltos que influyen en dicha propiedad. Sin embargo, este parámetro no se relaciona de manera directa con todos los aspectos de la calidad del agua, ya que solo evidencia la carga iónica existente, sin evaluar la presencia de microorganismos ni la contaminación orgánica. Por ello, su control es importante para describir la composición química del recurso hídrico e identificar posibles cambios ocasionados por factores naturales o por actividades humanas (Boyd, 2017).

d. Sólidos Totales Disueltos

Los sólidos suspendidos presentes en el agua se originan principalmente por procesos de erosión del suelo y están conformados por partículas muy pequeñas que permanecen dispersas en el recurso hídrico. Su presencia puede modificar las características organolépticas del agua, especialmente el color y la transparencia, además de contribuir al desarrollo de organismos como el plancton. Cuando estos sólidos se encuentran en concentraciones elevadas, pueden afectar negativamente la calidad del agua y representar un riesgo para la salud humana, disminuyendo su aptitud para el consumo y para otros usos domésticos (Juarez, 2024).

2.1.1.4. Parámetros Químicos

a. Potencial hidrógeno (pH)

El pH del agua expresa el nivel de acidez o alcalinidad de una solución, el cual está determinado por la concentración de iones hidrógeno (H^+) presentes. Este parámetro es fundamental en la evaluación de la calidad del agua, ya que su escala varía de 0 a 14, donde los valores cercanos a 0 indican mayor acidez, los próximos a 14 mayor alcalinidad y el valor 7 representa una condición neutra, propia del agua pura. Las variaciones marcadas respecto al rango neutro, especialmente cuando el pH es menor a 4.4 o mayor a 9.6, pueden evidenciar alteraciones generadas por procesos naturales o por actividades humanas contaminantes. Debido a su sensibilidad, este parámetro debe medirse directamente en campo, a fin de evitar cambios ocasionados por la exposición o almacenamiento de la muestra. Asimismo, tanto la acidez titulable como la alcalinidad titulable influyen en la potabilidad del agua y en los procesos biogeoquímicos que ocurren dentro de los ecosistemas acuáticos (Carbajal, 2025).

b. Cloruro

Los cloruros (Cl^-) presentes en el agua son iones que se originan principalmente por la disolución de sales naturales, como la halita o cloruro de sodio ($NaCl$), así como por fuentes de contaminación asociadas a actividades humanas, entre ellas las aguas residuales, las filtraciones provenientes de zonas agrícolas y los vertimientos industriales. Su concentración constituye un parámetro fisicoquímico importante para determinar la calidad del agua, debido a que valores elevados pueden modificar su sabor, favorecer la corrosión de las tuberías y, en niveles muy altos, representar riesgos para la salud de las personas. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), la concentración de cloruros en el agua potable no debe superar los 250 mg/L. Por ello, su medición permite reconocer la influencia de procesos naturales y antrópicos, convirtiéndose en un indicador relevante para asegurar la potabilidad del agua y promover una adecuada gestión de los recursos hídricos (Caceres, 2025).

c. Sulfatos

Los sulfatos son compuestos químicos que pueden encontrarse de manera natural en el agua como resultado de la disolución de minerales, entre ellos el yeso o la aljez, así como por la intervención de actividades humanas, tales como los vertimientos industriales, los residuos provenientes de la agricultura y las descargas domésticas. Su concentración constituye un parámetro fisicoquímico importante para valorar la calidad del agua, debido a que niveles elevados pueden alterar su sabor, producir efectos laxantes y favorecer la corrosión de tuberías y equipos utilizados en los sistemas de distribución. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y la normativa peruana vigente, establecida en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, el límite máximo permisible de sulfatos en el agua potable es de 250 mg/L; por ello, valores superiores pueden evidenciar contaminación o la influencia de condiciones geológicas específicas. En ese sentido, su monitoreo permanente permite detectar posibles riesgos para la salud pública y adoptar medidas de tratamiento adecuadas que garanticen la seguridad y potabilidad del recurso hídrico (Espinoza, 2022).

d. Dureza Total

La dureza total del agua está determinada por la presencia de cationes multivalentes disueltos, principalmente calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). Este parámetro fisicoquímico puede influir en ciertas características del agua, como el sabor, así como en su uso doméstico e industrial, debido a que favorece la formación de incrustaciones en tuberías, artefactos y equipos. La dureza puede ser temporal, cuando se relaciona con bicarbonatos de calcio y magnesio, o permanente, cuando está asociada a sulfatos y cloruros de dichos iones. Si bien no suele representar un peligro directo para la salud, las concentraciones elevadas pueden ocasionar incomodidad en el consumo, disminuir la eficacia de los detergentes y afectar el funcionamiento de los sistemas de tratamiento. Por ello, la medición de la dureza total es un indicador relevante para valorar la calidad del agua y definir medidas de tratamiento que aseguren su aptitud para el consumo humano y el uso doméstico (Almawatech, 2025).

e. Nitratos

Los nitratos son compuestos químicos que pueden encontrarse de manera natural en el agua como resultado de la descomposición de materia orgánica y la lixiviación de los suelos. Asimismo, su presencia puede incrementarse por actividades humanas, como la agricultura intensiva, el uso excesivo de fertilizantes y el vertimiento de aguas residuales. Su concentración constituye un parámetro fisicoquímico de gran importancia para evaluar la calidad del agua, debido a que niveles elevados pueden generar efectos perjudiciales en la salud humana, entre ellos la metahemoglobinemia o síndrome del lactante azul, así como otros trastornos relacionados con la alteración de la hemoglobina. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), el límite máximo permisible de nitratos en el agua potable es de 50 mg/L, por lo que superar dicho valor implica que el recurso no sea considerado apto para el consumo humano. En ese sentido, el monitoreo de nitratos permite reconocer los impactos derivados de la contaminación agrícola e industrial, siendo fundamental para una adecuada gestión de los recursos hídricos y para garantizar un suministro seguro y sostenible a las comunidades (Clínica Universidad de Navarra, 2023).

2.1.1.5. Parámetros microbiológicos

a. Coliformes Totales

Los coliformes totales conforman un grupo de bacterias empleadas con frecuencia como indicadores microbiológicos para evaluar la calidad del agua y advertir posibles procesos de contaminación fecal. Su presencia en el agua destinada al consumo humano no implica necesariamente la existencia directa de microorganismos patógenos; sin embargo, constituye una señal de alerta sobre la posible incorporación de materia orgánica y el riesgo de desarrollo de agentes perjudiciales para la salud. Para que el agua sea considerada segura, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y la normativa peruana vigente, establecida en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, exigen la ausencia de coliformes totales en 100 mL de muestra. Por ello, su evaluación periódica resulta fundamental para detectar deficiencias en los sistemas de captación, almacenamiento o distribución del agua, así como para aplicar medidas correctivas que

permitan proteger la salud de la población y asegurar un abastecimiento hídrico confiable (Neira, 2022).

b. Coliformes fecales

Los coliformes fecales son bacterias que se encuentran principalmente en el intestino de los animales de sangre caliente, por lo que su presencia en el agua indica una contaminación fecal reciente. A diferencia de los coliformes totales, estos representan un mayor riesgo para la salud, ya que pueden estar relacionados con la presencia de microorganismos patógenos, como bacterias, virus o protozoarios que causan enfermedades gastrointestinales, entre ellas diarreas, fiebre tifoidea y cólera. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y la normativa peruana vigente, establecida en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, el agua para consumo humano no debe contener coliformes fecales, es decir, debe presentar cero unidades formadoras de colonias por cada 100 mL de muestra. Por ello, es importante realizar un control constante de este parámetro, ya que permite prevenir riesgos para la salud, comprobar si el tratamiento del agua es adecuado y asegurar que el agua distribuida sea segura para la población (Sthuwass, 2025).

2.1.2. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)

El Límite Máximo Permissible (LMP) se entiende como la cantidad máxima de un contaminante físico, químico o microbiológico que puede estar presente en el agua para consumo humano sin generar un riesgo importante para la salud de las personas. Este criterio es importante porque permite verificar si el agua cumple con las condiciones necesarias para ser considerada potable, de acuerdo con lo establecido por organismos internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), y por la normativa peruana vigente, como el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Los LMP se aplican a distintos parámetros de calidad del agua, entre ellos el pH, la turbidez, la conductividad, los sólidos disueltos, los nitratos, sulfatos, cloruros y coliformes. Estos valores sirven para determinar si el agua requiere algún tratamiento adicional antes de ser consumida por la población. Cuando alguno de estos límites es superado, puede

existir un riesgo para la salud, ya sea por contaminación microbiológica o por presencia de sustancias químicas en concentraciones inadecuadas. Por ello, el control permanente de los LMP resulta necesario para asegurar que el agua distribuida cumpla con los estándares de potabilidad, proteja la salud de los usuarios y permita un uso seguro y responsable del recurso hídrico (Innova, 2023).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua subterránea

El agua es un recurso natural indispensable para la vida, ya que se encuentra presente en distintos espacios del planeta, como ríos, lagos, glaciares, océanos, la atmósfera y también en los seres vivos. Su importancia no solo se relaciona con el consumo humano, sino también con su uso en actividades como la agricultura, la industria y la conservación de los ecosistemas. Desde una perspectiva química, el agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O), y posee propiedades particulares, como su gran capacidad para disolver sustancias, su cohesión, adhesión y estabilidad térmica, características que la convierten en un elemento fundamental para los procesos naturales y humanos (Fundación Aquae, 2026).

Agua cruda

El agua cruda es aquella que se encuentra en su estado natural y que no ha recibido ningún tipo de tratamiento previo. Puede provenir de fuentes superficiales, subterráneas o meteóricas, y es captada para ser utilizada como fuente de abastecimiento antes de pasar por procesos de potabilización o acondicionamiento (MINSA, 2025).

Agua para consumo humano

El agua potable es aquella que no representa riesgos para la salud y que cumple con los requisitos de calidad establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Esta agua está destinada al consumo humano, así como a las actividades domésticas habituales, incluyendo la preparación de alimentos, la limpieza y la higiene personal (MINSA, 2025).

Agua manantial

Los manantiales son lugares donde el agua subterránea sale de manera natural hacia la superficie. Esto ocurre por la relación entre la permeabilidad de las rocas, la pendiente hidráulica y las condiciones climáticas del lugar. Por ello, los manantiales cumplen un papel importante dentro del ciclo hidrológico y también pueden servir como indicadores del estado ambiental de un ecosistema (Alvarez, 2025).

Agua Potable

El agua apta para consumo humano es aquella que, por sus condiciones organolépticas, inorgánicas, orgánicas, radiactivas y microbiológicas, no representa un riesgo para la salud de las personas. Además, debe cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA (MINSA, 2025).

Calidad bacteriológica del agua.

La calidad bacteriológica del agua consiste en analizar si existen microorganismos, principalmente bacterias, que puedan afectar la salud de las personas. Dentro de los indicadores más importantes se consideran los coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y otros microorganismos patógenos, ya que su presencia puede evidenciar contaminación fecal reciente o continua. Por ello, su evaluación permite reconocer posibles riesgos sanitarios, verificar si los sistemas de tratamiento del agua funcionan correctamente y determinar si el recurso es apto para el consumo humano (Cutimbo, 2023).

Coliformes totales

Los coliformes totales son bacterias que se utilizan con frecuencia como indicadores microbiológicos para conocer la calidad del agua. Su presencia no significa necesariamente que existan microorganismos patógenos, pero sí puede advertir una posible contaminación por materia orgánica o deficiencias en el tratamiento, protección o mantenimiento del sistema de abastecimiento. Por ello, su detección ayuda a identificar condiciones que podrían favorecer el desarrollo de microorganismos perjudiciales para la

salud. Para su análisis, se emplean métodos que permiten cuantificar las unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 mL de muestra, considerando que el agua destinada al consumo humano debe estar libre de coliformes totales, conforme a lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y la normativa peruana vigente, establecida en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. En ese sentido, el monitoreo periódico de estos indicadores es importante para detectar fallas en la captación, almacenamiento o distribución del agua, y aplicar medidas correctivas que permitan proteger la salud de la población y garantizar un recurso hídrico seguro y confiable (Oblitas, 2016).

Coliformes Fecales

Los coliformes fecales son bacterias que se encuentran principalmente en el intestino de los animales de sangre caliente, por lo que su presencia en el agua indica una contaminación fecal reciente. A diferencia de los coliformes totales, estos representan un mayor riesgo sanitario, ya que pueden estar relacionados con la existencia de bacterias, virus o protozoarios capaces de provocar enfermedades gastrointestinales, como diarreas, fiebre tifoidea y cólera. Su evaluación se realiza mediante análisis microbiológicos que permiten medir las unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 mL de agua. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) y la normativa peruana vigente, establecida en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, el agua para consumo humano no debe presentar coliformes fecales, es decir, debe registrar 0 UFC/100 mL. Por ello, el control continuo de este parámetro es importante para prevenir riesgos en la salud de la población, verificar si los sistemas de tratamiento funcionan adecuadamente y asegurar que el agua distribuida sea segura para el consumo humano (Pari, 2023).

Parámetros del control obligatorio

De acuerdo con el artículo 63°, todos los proveedores de agua tienen la obligación de controlar determinados parámetros básicos para garantizar la calidad del agua suministrada. Entre estos se encuentran los coliformes totales, coliformes

termotolerantes, color, turbiedad, residual de desinfectante y pH. Asimismo, cuando el análisis de coliformes termotolerantes resulte positivo, el proveedor debe realizar una prueba adicional para detectar la presencia de *Escherichia coli*, ya que esta bacteria permite confirmar si existe contaminación fecal en el agua (DS N° 031-2010-SA., 2011).

2.3. MARCO NORMATIVO

El marco normativo de la presente investigación se sustenta, en primer lugar, en la Constitución Política del Perú de 1993, la cual reconoce la protección de la salud y el deber del Estado de garantizar condiciones adecuadas para el bienestar de la población. Asimismo, se considera la Ley General de Salud, Ley N.º 26842, que establece disposiciones orientadas a la protección de la salud pública y regula las responsabilidades vinculadas con la prevención de riesgos sanitarios. De igual manera, se toma en cuenta el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, cuyo propósito es regular la gestión, vigilancia sanitaria, control y supervisión de la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento destinados al consumo humano.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo no superan en su totalidad a los Límites Máximos Permisibles (LMP), Puno 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPÈCIFICOS

- La condición de los parámetros físico-químicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo, no son superiores a los límites Máximos Permisibles, Puno - 2025
- La condición de los parámetros microbiológicos del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo, no se ajustan a los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ZONA DE ESTUDIO

La investigación se localiza en el distrito de Paucarcolla, ubicado entre las coordenadas $15^{\circ} 44' 44''$ de latitud sur y $70^{\circ} 03' 26''$ de longitud oeste. Este distrito se encuentra en la región suroriental del Perú, en la ribera noroccidental del Lago Titicaca, y pertenece a la provincia y departamento de Puno. Asimismo, se sitúa estratégicamente a aproximadamente 12 km al norte de la ciudad de Puno, a una altitud promedio de 3 845 m s. n. m., con variaciones que oscilan entre los 3 810 y 3 900 m s. n. m. En cuanto a sus límites geográficos, por el norte colinda con los distritos de Atuncolla y Huata; por el sur, con el distrito de Puno; por el este, con el Lago Titicaca; y por el oeste, con los distritos de Atuncolla y Tiquillaca, así como con la laguna de Umayo.



Figura 01: Ubicación geográfica del punto de muestreo.

Fuente: Google earth Pro

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población objeto de estudio estuvo conformada específicamente por el reservorio de la JASS SAP Paucarcolla, el cual cuenta con una capacidad de almacenamiento de 60 metros cúbicos de agua y abastece a la comunidad de Paucarcolla Pueblo, constituyéndose en la principal fuente de suministro de agua potable. Este reservorio se encuentra ubicado aproximadamente a 500 metros de la plaza de armas del distrito de Paucarcolla, provincia y departamento de Puno. Desde este punto se realiza la distribución del agua destinada al consumo humano, atendiendo la demanda de la población. Su elección como eje de la investigación se justifica por la importancia que tiene en el abastecimiento del recurso hídrico, así como por su papel fundamental en la dinámica socioambiental y en la protección de la salud de los habitantes.

3.2.2. MUESTRA

La muestra estuvo constituida por un volumen de 1000 mL de agua, extraída del reservorio de la JASS SAP Paucarcolla, considerado como punto representativo para el desarrollo del estudio. Para su recolección, se aplicaron protocolos estandarizados que permitieron asegurar la conservación, integridad y adecuada custodia de la muestra hasta su análisis. Este procedimiento garantizó el rigor científico requerido y, al mismo tiempo, una ejecución logística viable, permitiendo obtener información confiable sin afectar la capacidad analítica de la investigación.

Tabla 01: Obtención de la muestras de agua

Punto de obtención de la muestra		
Muestra	UTM	Volumen
Reservorio JAS SAP	E:386667,N:8259020	1000 ml

Fuente: Elaboración propia

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODOS

3.3.1.1 Tipo de investigación:

La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y nivel descriptivo-evaluativo, debido a que buscó analizar una problemática concreta relacionada con la calidad del agua para consumo humano, mediante la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, a fin de describir sus condiciones y evaluar su cumplimiento respecto a la normativa vigente.

3.3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue no experimental y de corte transversal, debido a que los datos fueron recolectados en un solo momento determinado, sin realizar manipulación intencional de las variables fisicoquímicas y microbiológicas del agua. De esta manera, el estudio se limitó a observar, medir y evaluar las condiciones del recurso hídrico tal como se presentaron en su contexto natural.

3.3.1.3 Método de muestreo de agua

El muestreo del agua en el reservorio de la JASS SAP, ubicado en la comunidad de Paucarcolla Pueblo, se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en la R.D. N.º 160-2015/DIGESA/SA. Para ello, se cumplieron las etapas de recolección, conservación, traslado y recepción de las muestras para su respectivo análisis. Asimismo, se utilizaron recipientes estériles, se mantuvo la cadena de frío y se registró adecuadamente todo el procedimiento, con la finalidad de evitar cualquier alteración en las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua. Este control metodológico permitió obtener resultados confiables sobre la calidad del agua del lugar, los cuales pueden servir como información técnica útil para la gestión y protección sanitaria del recurso hídrico en beneficio de la población.

3.3.2. TÉCNICAS

a) Protocolo de Recolección y Preservación de Muestras de Agua

Para garantizar que el estudio sea representativo y cuente con validez analítica, la recolección de muestras de agua se realizó siguiendo criterios técnicos y de control metodológico. Para ello, se emplearon recipientes esterilizados de polietileno y vidrio, de boca ancha y con capacidad de 1000 mL, debido a que estos materiales permiten conservar adecuadamente la muestra y reducen el riesgo de alteración por contacto con el envase. La toma de muestra se efectuó en el reservorio de la JASS SAP Paucarcolla, extrayendo el agua directamente del punto seleccionado y procurando obtener una muestra representativa del recurso hídrico en circulación. Antes de la recolección definitiva, se aplicó el procedimiento de triple enjuague con agua de la misma fuente, con la finalidad de acondicionar el recipiente y eliminar posibles residuos que pudieran interferir en los resultados. Asimismo, durante el muestreo se registraron datos de campo, como las condiciones físicas del entorno y otros aspectos relevantes para el análisis posterior. Una vez obtenida la muestra, esta fue preservada en condiciones de refrigeración mediante el uso de coolers herméticos con geles refrigerantes, manteniendo una temperatura aproximada de 4 ± 2 °C, a fin de conservar sus características fisicoquímicas y microbiológicas hasta su llegada al laboratorio. Para evitar daños o alteraciones durante el traslado, los frascos fueron debidamente asegurados y protegidos. Además, cada muestra fue identificada mediante un código de registro, consignando la fecha y hora de recolección, ubicación del reservorio y datos del responsable del muestreo. Finalmente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio dentro del plazo máximo de 24 horas, con el propósito de asegurar la confiabilidad de los resultados y el cumplimiento de los protocolos establecidos para el análisis de agua destinada al consumo humano.

3.3.3. MÉTODOS DE LABORATORIO

El sustento técnico y legal de la investigación se basó en dos normas principales. En primer lugar, se consideró la NTP 214.005:1987, referida al agua potable y la toma de muestras, la cual permitió orientar los procedimientos de recolección, conservación y manejo de las muestras destinadas a los análisis organolépticos, químicos y

microbiológicos. En segundo lugar, se tomó como referencia el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, que aprueba el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, norma que establece los parámetros de control, criterios sanitarios y Límites Máximos Permisibles aplicables en el Perú. La aplicación conjunta de ambas disposiciones permitió asegurar la rigurosidad metodológica durante el trabajo de campo y otorgar respaldo normativo a la interpretación de los resultados obtenidos.

3.3.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO

Los resultados obtenidos fueron evaluados tomando como referencia las disposiciones establecidas en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, a fin de verificar el cumplimiento de los parámetros y límites permitidos para el agua destinada al consumo humano.

Tabla 02: Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua potable

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

UCV: Unidad de color verdadera

UNT: Unidad nefelométricas de turbiedad.

UFC = Unidad Formadora de Colonias

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

3.3.4. MATERIALES

Trabajo de campo

Para dar inicio al proceso de muestreo en el reservorio de la JASS SAP, destinado al abastecimiento de agua potable para consumo humano, fue necesario contar previamente con los materiales e instrumentos adecuados para garantizar una correcta recolección, conservación y traslado de la muestra. Entre los materiales utilizados se consideraron los siguientes:

- envases de polietileno 1000ml
- envase de vidrio 1000ml
- Hielera con acumuladores de frío
- Agua destilada
- Rotulador indeleble y etiquetas
- GPS o mapa georreferenciado
- Cámara Fotográfica
- Frascos estériles de vidrio o PE
- Guantes de látex/nitrilo
- Mandil
- Casco

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable 1: Calidad físico-química y microbiológica del agua

Variable 2: Límites máximos permisibles

Tabla 03: Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Primera Variable Calidad físico-química y microbiológica del agua	Fisicoquímica	Color	
		Turbiedad	1 = Sí cumple
		Conductividad CE	0 = No cumple
		Sólidos totales disueltos	y escala descriptiva
	Microbiológica	pH	
		Cloruros	
		Sulfatos	
		Dureza total	
		Nitratos	
		Coliformes totales	
		Coliformes fecales	
Segunda Variable Límites Máximos Permisibles.	Cumplimiento de los límites máximos permisibles	Evaluación de la calidad del agua	Superior
		Procesos de tratamiento	Inferior
			Equivalente
		Monitoreo constante	

Fuente: D.S. N° 031-2010-SA.

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

3.5.1 DISEÑO ESTADÍSTICO

El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva, considerando medidas como el promedio, valores máximos, valores mínimos y desviación estándar para cada parámetro fisicoquímico y microbiológico evaluado. Posteriormente, los resultados

obtenidos fueron comparados con los valores establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, con la finalidad de determinar el cumplimiento o incumplimiento de los límites máximos permisibles. Esta comparación permitió clasificar la calidad del agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla de manera técnica y objetiva. Asimismo, cada parámetro analizado fue representado mediante figuras estadísticas e interpretado descriptivamente, permitiendo una mejor comprensión de los resultados obtenidos y su relación con los criterios normativos aplicables.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se desarrollaron los resultados en base a los datos obtenidos en el proceso de investigación realizada, en función a los objetivos planteados.

4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO POR OBJETIVOS

4.1.1. PARA EL OBJETIVO GENERAL

Evaluar en qué medida las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo se adecúan a los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.

Tabla 04: Condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio JAS SAP Paucarcolla, respecto a los Límites Máximos Permisibles.

Parámetro	Unidad	Concentración Reservorio. JAS SAP Paucarcolla	LMP	Escala (0, 1)
Color	Pt/Co	<5	15	1
Turbiedad	NTU	0.29	5	1
Conductividad CE	μS/cm	139.4	1500	1
Sólidos totales	mg/L	84	1000	1
disueltos				
pH	Und . pH	8.2	6,5 a 8,5	1
Cloruros	meq/L	18.72	250	1
Sulfatos	meq/L	5.78	250	1
Dureza total	mg/L	18.52	500	1
Nitratos	meq/L	0.87	50	1
Coliformes Totales	UFC/100 mL	<1.1	0(*)	0
Coliformes	UFC/100 mL	<1.1	0(*)	0
Termotolerantes	mL			

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 04 muestra los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico realizado al agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla, los cuales fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano. De acuerdo con los resultados obtenidos, los parámetros fisicoquímicos evaluados se encuentran dentro de los valores permitidos por la normativa vigente. El color, con un valor menor a 5 Pt/Co, y la turbiedad, con 0,29 NTU, se ubican por debajo de los límites establecidos de 15 Pt/Co y 5 NTU, respectivamente, lo que evidencia condiciones organolépticas adecuadas y baja presencia de partículas suspendidas. Asimismo, la conductividad eléctrica, con 139,4 μS/cm, y los sólidos totales

disueltos, con 84 mg/L, presentan valores inferiores a los límites máximos de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1000 mg/L, lo que indica una baja concentración de sales disueltas en el agua. Respecto a los parámetros químicos, el pH registró un valor de 8,2, encontrándose dentro del rango permitido de 6,5 a 8,5, por lo que el agua presenta una condición ligeramente alcalina, pero aceptable para el consumo humano. Del mismo modo, las concentraciones de cloruros, sulfatos, dureza total y nitratos fueron de 18,72 mg/L, 5,78 mg/L, 18,52 mg/L CaCO_3 y 0,87 mg/L, respectivamente, valores que se encuentran ampliamente por debajo de los límites máximos permisibles, lo cual evidencia que no existe una alteración química significativa en el recurso hídrico analizado. En cuanto a los parámetros microbiológicos, los coliformes totales y coliformes termotolerantes registraron valores menores a 1,1 UFC/100 mL, lo que indica una presencia mínima o no detectable según el método de análisis empleado. Considerando la escala de evaluación utilizada, los parámetros microbiológicos fueron calificados con valor "0", mientras que los parámetros fisicoquímicos recibieron una valoración de "1" al cumplir con los estándares normativos. En consecuencia, el análisis integral permite señalar que el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla presenta condiciones fisicoquímicas favorables y una calidad microbiológica adecuada, evidenciando el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Por tanto, los resultados permiten considerar que el recurso hídrico evaluado es apto para el consumo humano y que el sistema de abastecimiento mantiene condiciones adecuadas para garantizar la calidad del agua distribuida a la población.

4.1.2. PARA LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.1.2.1. Para objetivo específico 1:

Evaluar el panorama de los parámetros físico-químicos del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla pueblo y su cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.

4.1.2.1.1 Análisis del parámetro color

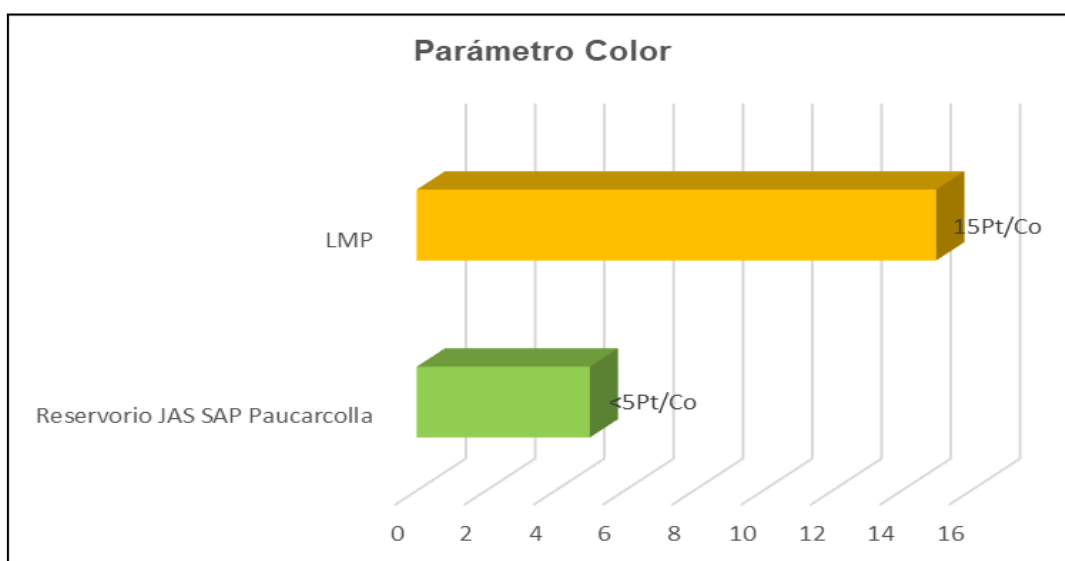


Figura 02: Parámetro del color del agua.

El análisis del parámetro color en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla se realizó mediante la cuantificación de Unidades de Color Verdadero (UCV) en la escala Pt/Co. El resultado obtenido fue menor a 5 UCV, lo que evidencia que el agua presenta una apariencia adecuada, con características visuales incoloras y aceptables para el consumo humano. Este valor se encuentra considerablemente por debajo del Límite Máximo Permissible de 15 UCV establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. En ese sentido, se verifica el cumplimiento de la normativa vigente para este indicador, descartándose la presencia de sustancias disueltas, como materia orgánica o metales, en concentraciones que puedan alterar la apariencia del recurso hídrico. Este resultado guarda relación con lo señalado por Ruiz (2022), quien reportó valores de color inferiores a 5 UCV en un reservorio de abastecimiento poblacional, concluyendo que el agua evaluada cumplía con los estándares de calidad establecidos por la normativa peruana para consumo humano. De igual manera, Bombilla y Pizarra (2025) determinaron que los parámetros fisicoquímicos del agua distribuida mediante cisternas cumplían con los requisitos establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. La similitud entre estos estudios permite señalar que las fuentes de abastecimiento analizadas presentan

condiciones adecuadas de conservación y tratamiento, manteniendo características visuales aceptables para la población usuaria. Por consiguiente, los resultados obtenidos demuestran que el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla cumple ampliamente con el parámetro color, evidenciando buenas condiciones organolépticas y una adecuada aceptación visual para el consumo humano.

4.1.2.1.2 Análisis del parámetro turbiedad

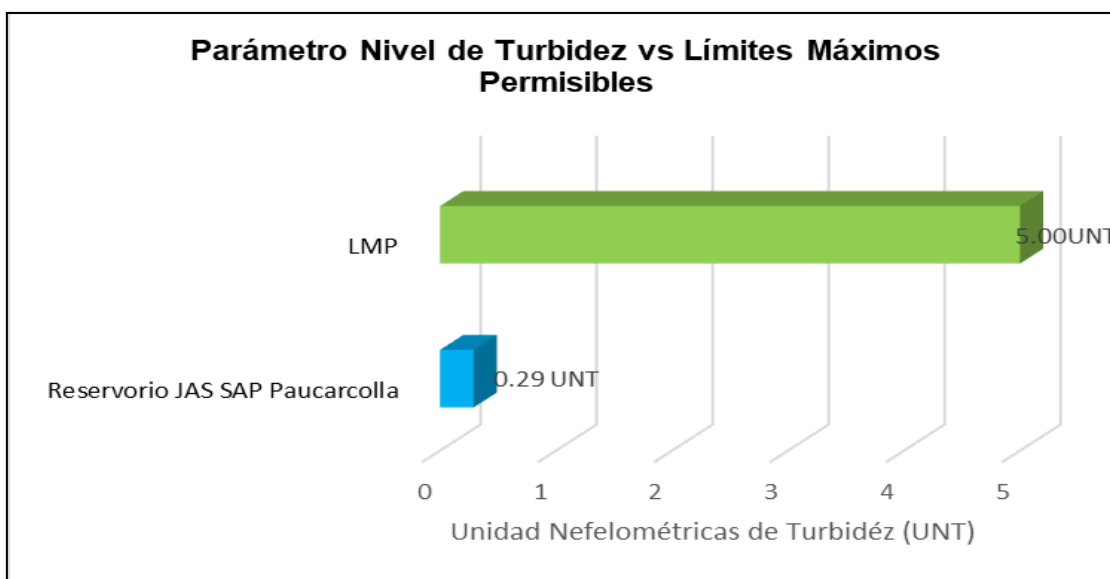


Figura 03: Valor de la turbiedad del agua

El análisis de turbidez realizado en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla registró un valor de 0,29 NTU, resultado que se encuentra ampliamente por debajo del Límite Máximo Permissible de 5 NTU establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano. Este valor evidencia que el agua presenta una adecuada calidad física respecto a este parámetro, debido a la baja presencia de partículas suspendidas, como arcillas, limos, materia orgánica u otros sólidos que podrían afectar su transparencia. Asimismo, una turbidez reducida favorece la apariencia visual del agua y mejora la eficiencia de los procesos de desinfección, ya que disminuye la posibilidad de que las partículas protejan a los microorganismos frente a la acción del cloro u otros agentes desinfectantes. El valor obtenido representa solo el 5,8 % del límite máximo permitido, lo que demuestra un amplio cumplimiento de la normativa vigente. Este resultado guarda relación con lo reportado por Ruiz (2022), quien identificó una

turbidez menor a 0,40 NTU en el reservorio de Buena Vista, concluyendo que el agua cumplía con los estándares de calidad para consumo humano. Asimismo, Gonzales et al. (2023), en un estudio realizado en 17 reservorios rurales de Huancavelica, determinaron que la mayoría de puntos evaluados presentó valores bajos de turbidez, compatibles con una adecuada calidad física del agua. A nivel regional, Ordoño (2025) reportó valores entre 0,33 y 0,35 NTU en el sistema de abastecimiento de la comunidad de Molloco, en Puno, resultados similares a los obtenidos en la presente investigación. De igual manera, Mamani (2025), en el reservorio de Millojachi, registró una turbidez de 1,0 NTU, valor que también se mantuvo dentro de los límites establecidos por la normativa. La baja turbidez registrada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla podría estar relacionada con una adecuada protección de la fuente de abastecimiento, menor arrastre de sedimentos en la zona de captación y condiciones favorables de almacenamiento del agua. Sin embargo, es importante señalar que este parámetro debe ser interpretado junto con los resultados microbiológicos, debido a que una baja turbidez no garantiza por sí sola la ausencia de microorganismos patógenos. En consecuencia, el valor de 0,29 NTU permite afirmar que el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla cumple ampliamente con los estándares de calidad física para consumo humano, reflejando una baja concentración de sólidos suspendidos y condiciones adecuadas para su desinfección y distribución.

4.1.2.1.3 Análisis del parámetro conductividad eléctrica

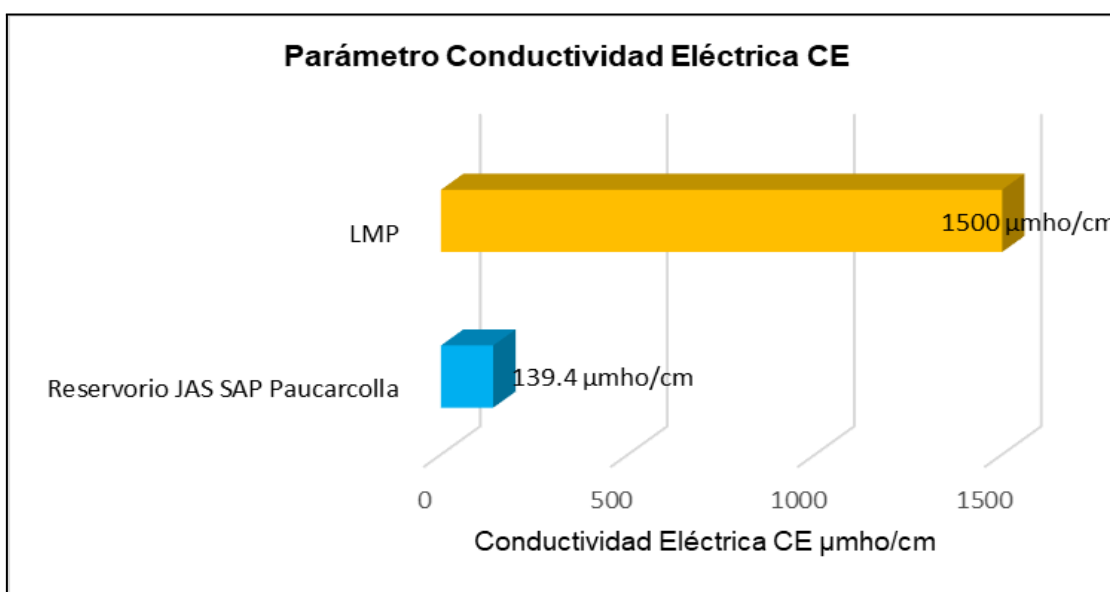


Figura 04: Valor de conductividad eléctrica del agua

La figura presenta el valor de conductividad eléctrica determinado en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla, comparándolo con el Límite Máximo Permissible de 1500 µmho/cm establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano. El resultado obtenido fue de 139,4 µmho/cm, equivalente al 9,29 % del límite permitido, lo que evidencia una baja concentración de sales y minerales disueltos en el recurso hídrico. La conductividad eléctrica permite estimar de manera indirecta la cantidad de iones presentes en el agua, por lo que un valor reducido indica baja presencia de sustancias disueltas, como cloruros, sulfatos, bicarbonatos, calcio, magnesio y sodio. Desde el punto de vista sanitario, este resultado no representa riesgo para la salud humana y demuestra una adecuada calidad fisicoquímica del agua. Asimismo, la baja conductividad disminuye la posibilidad de formación de incrustaciones o problemas derivados de una alta carga mineral en las redes de distribución. En ese sentido, el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla cumple satisfactoriamente con la normativa vigente respecto a este parámetro. Este hallazgo guarda relación con lo reportado por Andrade y Espinoza (2022), quienes identificaron conductividades menores a 200 µS/cm, concluyendo que las fuentes evaluadas presentaban una mineralización

ligera y aceptable para el abastecimiento de agua potable. De igual manera, coincide con lo señalado por Chuquiruna (2022), quien determinó que la mayoría de fuentes de abastecimiento analizadas presentaban una calidad excelente según el Índice de Calidad del Agua, manteniendo sus parámetros fisicoquímicos dentro de los estándares permitidos para consumo humano. En consecuencia, la conductividad eléctrica de 139,4 $\mu\text{mho/cm}$ registrada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla confirma una baja mineralización, escasa presencia de sales disueltas y cumplimiento de los requisitos establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA .

4.1.2.1.4 Análisis del parámetro sólidos totales disueltos

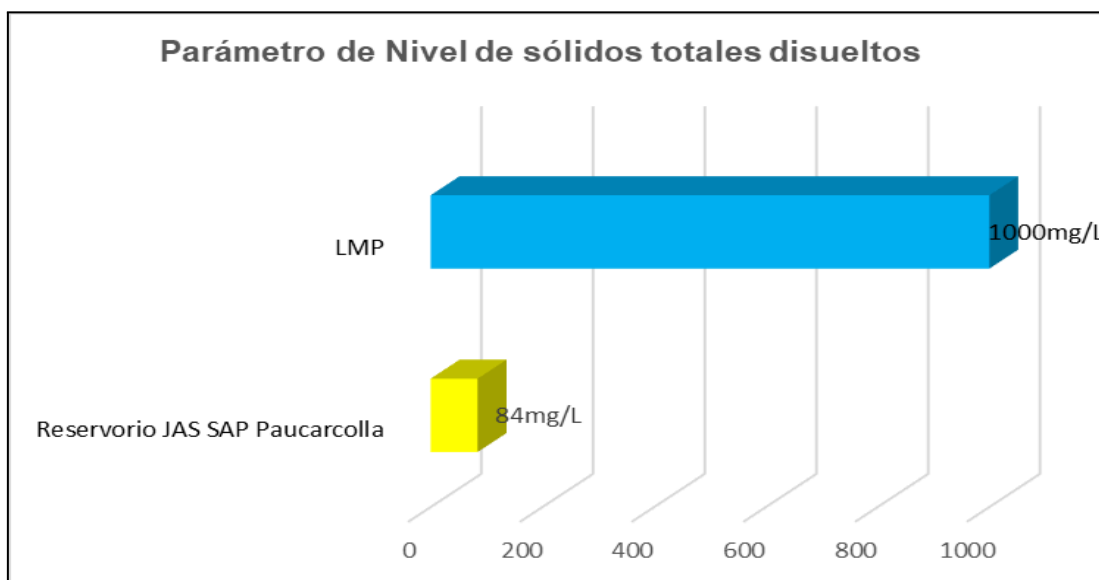


Figura 05: Valor medio de sólidos totales disueltos del agua

La figura presenta la concentración de sólidos totales disueltos (STD) registrada en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla, comparándola con el Límite Máximo Permissible de 1000 mg/L establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano. El análisis reportó un valor de 84 mg/L, el cual se encuentra ampliamente por debajo del límite normativo, representando únicamente el 8,4 % del valor máximo permitido. Este resultado evidencia una baja concentración de sales minerales, compuestos inorgánicos y otras sustancias disueltas en el recurso hídrico. Los sólidos totales disueltos constituyen un indicador importante de la calidad fisicoquímica

del agua, debido a que permiten conocer su grado de mineralización. En este caso, el bajo valor obtenido indica que el agua presenta una reducida carga de compuestos disueltos y condiciones favorables para el consumo humano. Asimismo, esta característica contribuye a mantener adecuadas propiedades organolépticas, evitando alteraciones en el sabor y reduciendo la posibilidad de formación de incrustaciones en las redes de distribución. Por tanto, el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla cumple con los estándares de calidad establecidos por la normativa vigente respecto al parámetro sólidos totales disueltos. Este resultado guarda relación con lo reportado por Ruiz (2022), quien registró una concentración de 60,5 mg/L de sólidos totales disueltos en un reservorio destinado al abastecimiento de agua para consumo humano, valor que también se ubicó muy por debajo del límite máximo permisible. De igual manera, coincide con Andrade y Espinoza (2022), quienes evidenciaron bajos niveles de conductividad eléctrica y una mineralización ligera en fuentes superficiales y reservorios comunitarios. Asimismo, los hallazgos son similares a los de Bombilla y Pizarra (2025), quienes concluyeron que los sólidos totales presentes en el agua distribuida mediante cisternas se encontraban dentro del límite permitido para consumo humano. Estas coincidencias permiten señalar que las fuentes evaluadas presentan condiciones químicas adecuadas y cumplen con los criterios establecidos por la legislación sanitaria. En términos generales, la concentración de 84 mg/L de sólidos totales disueltos encontrada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla evidencia una baja mineralización del agua, confirma el cumplimiento del Decreto Supremo N.º 031-2010-SA y permite considerar que el recurso hídrico es apto para el consumo humano respecto a este parámetro..

4.1.2.1.5 Análisis del parámetro ph

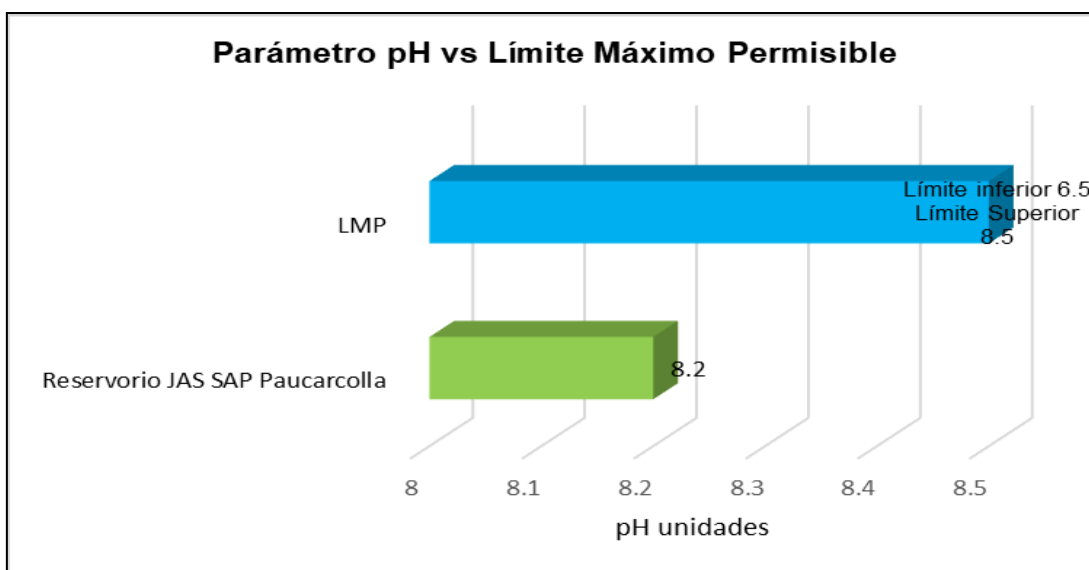


Figura 06: Valor del pH del agua

La figura presenta el valor de pH registrado en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla, comparándolo con el rango permitido por el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, el cual establece valores entre 6,5 y 8,5 unidades de pH para el agua destinada al consumo humano. El resultado obtenido fue de 8,2 unidades de pH, valor que se encuentra dentro del rango normativo, lo que indica que el agua presenta una condición ligeramente alcalina, pero adecuada para el consumo humano. Este resultado guarda relación con lo reportado por Andrade y Espinoza (2022), quienes evaluaron fuentes superficiales y reservorios comunitarios en Ecuador, identificando parámetros fisicoquímicos aceptables y una baja mineralización del agua. Dichos hallazgos permiten evidenciar que las fuentes naturales de abastecimiento pueden conservar condiciones químicas favorables cuando no se encuentran expuestas a procesos significativos de contaminación. Asimismo, los resultados coinciden con lo señalado por Martínez et al. (2021), quienes determinaron que los parámetros fisicoquímicos, incluido el pH, se mantuvieron dentro de los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud, concluyendo que el agua evaluada presentaba una calidad química adecuada. De igual manera, existe concordancia con Ruiz (2022), quien registró un pH de 7,28 en el agua de un reservorio destinado al consumo humano. Si bien el valor obtenido en Paucarcolla es ligeramente mayor, ambos resultados se encuentran dentro de los límites

establecidos por el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, evidenciando condiciones químicas estables y aptas para el abastecimiento poblacional.

4.1.2.1.6 Análisis del parámetro cloruros

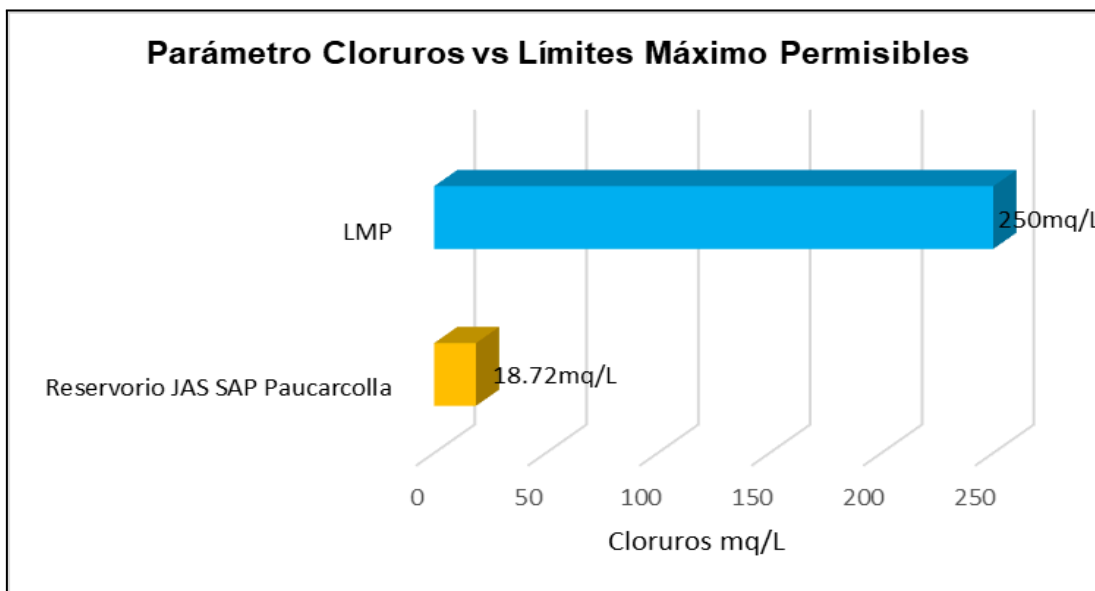


Figura 07: Valor de Cloruros del agua

La figura muestra la concentración de cloruros determinada en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla, comparándola con el Límite Máximo Permissible establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano. El análisis reportó un valor de 18,72 mg/L, el cual se encuentra considerablemente por debajo del límite permitido de 250 mg/L, representando únicamente el 7,49 % del valor máximo establecido. Este resultado evidencia una baja presencia de cloruros en el agua evaluada, por lo que no se generan alteraciones en sus características organolépticas, especialmente en el sabor, ya que dichas variaciones suelen percibirse cuando las concentraciones son mucho más elevadas. Asimismo, el bajo nivel registrado sugiere una escasa influencia de fuentes de contaminación vinculadas a descargas domésticas, actividades agrícolas o procesos naturales de salinización. En consecuencia, el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla cumple con los estándares de calidad establecidos por la normativa peruana y puede considerarse apta para el consumo humano respecto al parámetro cloruros. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ruiz (2022), quien

evaluó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de un reservorio destinado al consumo humano, encontrando que los parámetros químicos, entre ellos los cloruros, se mantenían dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. En ambos estudios, las bajas concentraciones registradas evidencian una adecuada calidad química del agua y la ausencia de procesos significativos de contaminación salina. De igual manera, los hallazgos guardan relación con Bombilla y Pizarra (2025), quienes determinaron que los parámetros fisicoquímicos del agua distribuida mediante cisternas cumplían con los estándares nacionales para consumo humano. Esta similitud permite señalar que las fuentes evaluadas presentan una baja concentración de sales disueltas y mantienen condiciones adecuadas para el abastecimiento poblacional..

4.1.2.1.7 Análisis del parámetro sulfatos

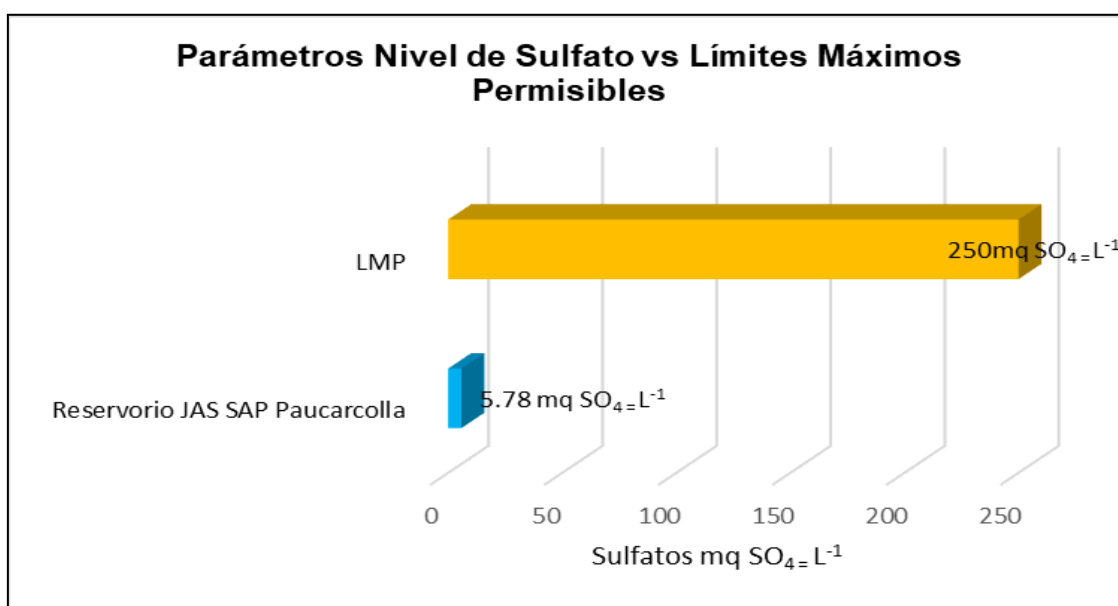


Figura 08: Concentración de sulfatos en el agua

La figura presenta la concentración de sulfatos obtenida en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla, comparándola con el Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano. El resultado registrado fue de 5,78 mg/L de SO₄²⁻, valor que se encuentra considerablemente por debajo del límite permitido de 250 mg/L de SO₄²⁻, representando

apenas el 2,31 % del valor máximo establecido. Este resultado evidencia una baja concentración de sulfatos en el agua del reservorio, lo que sugiere una escasa influencia de procesos de mineralización o de fuentes de contaminación relacionadas con actividades industriales, agrícolas o domésticas. Asimismo, dicha concentración no genera alteraciones en las características organolépticas del agua, como el sabor u olor, ni representa un riesgo para la salud de los consumidores. Por tanto, el parámetro sulfatos cumple con la normativa vigente y confirma la aptitud del agua para consumo humano respecto a este componente químico. Este resultado guarda relación con lo reportado por Ruiz (2022), quien evaluó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de un reservorio destinado al consumo humano, encontrando concentraciones de sulfatos dentro de los límites establecidos por el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. En ambos estudios, los valores registrados reflejan una baja presencia de sales sulfatadas, lo que permite señalar que el agua no presenta problemas de contaminación química asociados a este parámetro. Asimismo, los hallazgos son consistentes con Bombilla y Pizarra (2025), quienes determinaron que los parámetros fisicoquímicos del agua distribuida mediante cisternas cumplían con la normativa nacional para consumo humano. Esta similitud evidencia que las fuentes de abastecimiento evaluadas mantienen una composición química adecuada y una baja concentración de compuestos que puedan afectar la calidad del agua. Sin embargo, el resultado difiere de lo señalado por Cepeda et al. (2023), quienes identificaron problemas fisicoquímicos relacionados con la presencia de sales disueltas en aguas subterráneas utilizadas en establecimientos lácteos de Argentina. Mientras que en dicho estudio se evidenciaron procesos de mineralización más marcados, en el presente análisis la concentración de sulfatos fue baja, lo que demuestra mejores condiciones químicas del agua evaluada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla.

4.1.2.1.8 Análisis del parámetro dureza total

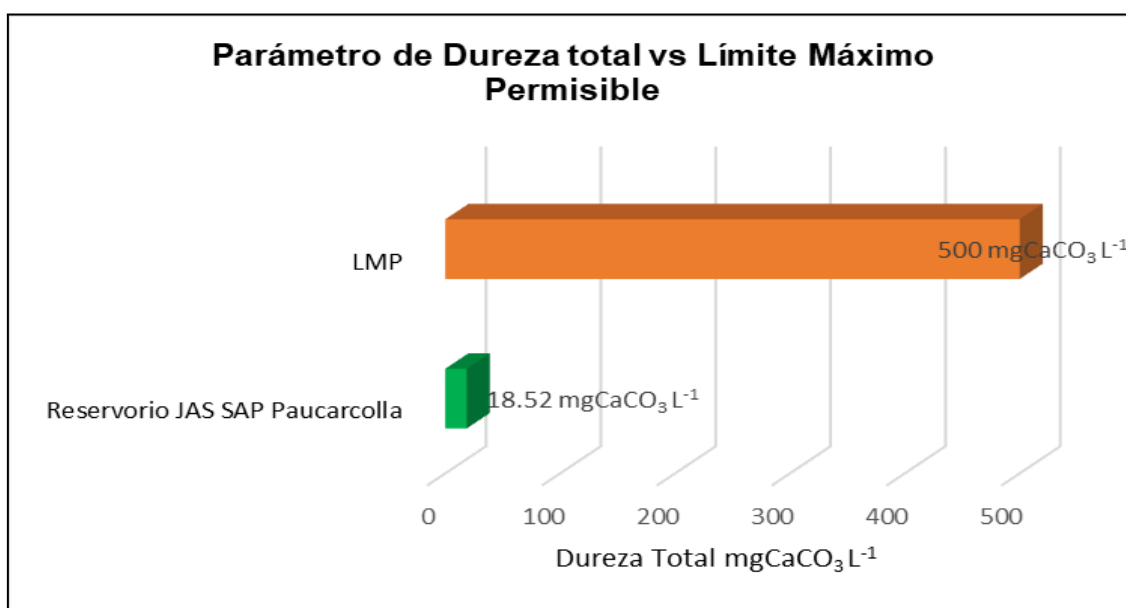


Figura 09: Valor medio de la Dureza Total del agua

En la figura precedente se presenta el valor de dureza total registrado en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla, el cual fue de 18,52 mg/L de CaCO₃. Este resultado se encuentra ampliamente por debajo del Límite Máximo Permissible de 500 mg/L de CaCO₃ establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano. Dicho valor evidencia una baja concentración de sales de calcio y magnesio, elementos responsables de la dureza del agua, por lo que el recurso hídrico evaluado puede clasificarse como agua blanda según los criterios de clasificación hidroquímica. Desde el punto de vista sanitario, esta concentración no representa riesgo para la salud de los consumidores y contribuye a mantener condiciones organolépticas adecuadas. Asimismo, desde el aspecto operativo, la baja dureza disminuye la posibilidad de formación de incrustaciones calcáreas en tuberías, accesorios y equipos del sistema de abastecimiento, favoreciendo la eficiencia y conservación de la infraestructura hidráulica. En consecuencia, el parámetro dureza total cumple con la normativa vigente y confirma la aptitud del agua para consumo humano respecto a este indicador. Este resultado guarda relación con lo reportado por Ruiz (2022), quien registró una dureza de 23,07 mg/L CaCO₃ en un reservorio destinado al abastecimiento poblacional, encontrando ambos

valores dentro de los límites permitidos por el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Estos hallazgos reflejan una baja presencia de sales de calcio y magnesio, característica propia de aguas blandas. No obstante, el resultado difiere de lo señalado por Cepeda et al. (2023), quienes identificaron niveles elevados de sales asociadas a la dureza en aguas subterráneas utilizadas en la industria láctea, lo que ocasionó el incumplimiento de los estándares fisicoquímicos de calidad del agua. Estas diferencias podrían explicarse por las condiciones geológicas de cada zona, el tipo de fuente de abastecimiento, las características del acuífero y la composición mineral propia del área de estudio..

4.1.2.1.9 Análisis del parámetro Nitrato

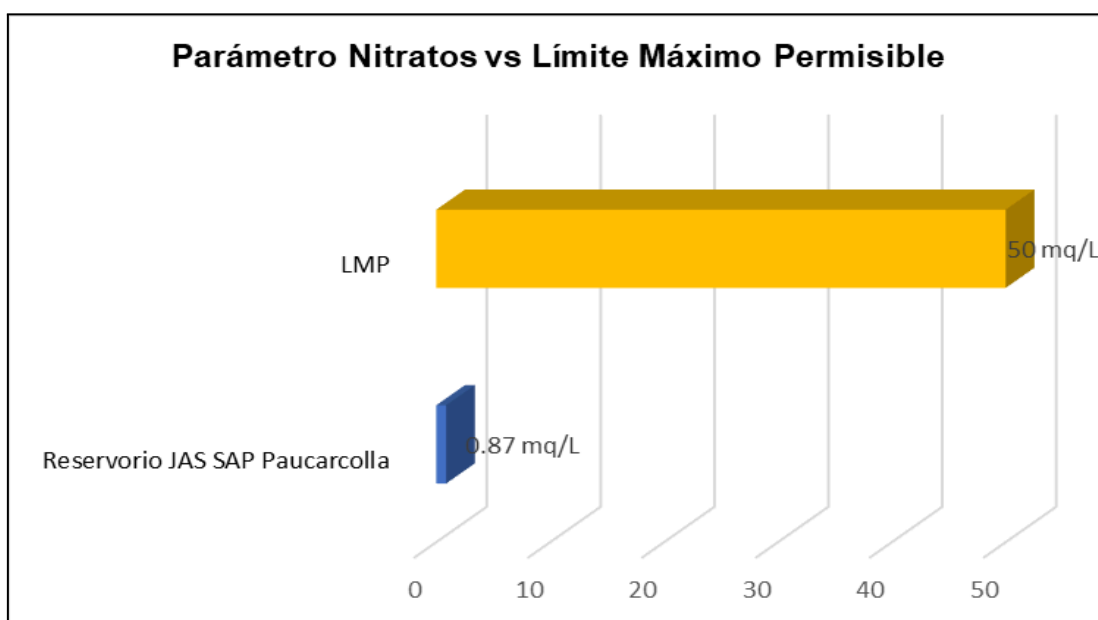


Figura 10: Valor medio de Nitratos del agua

Según la figura, el análisis del parámetro nitratos en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla registró una concentración de 0,87 mg/L, valor que se encuentra ampliamente por debajo del Límite Máximo Permisible de 50 mg/L establecido para agua destinada al consumo humano. Este resultado representa aproximadamente el 1,74 % del valor máximo permitido, lo que evidencia un amplio margen de cumplimiento normativo y permite señalar que el agua no presenta contaminación significativa por compuestos nitrogenados. Los nitratos suelen originarse por la descomposición de materia orgánica, el uso de fertilizantes nitrogenados en actividades agrícolas, la infiltración de aguas

residuales o la presencia de excretas animales; por ello, la baja concentración registrada sugiere una escasa influencia de estas fuentes de contaminación en el reservorio evaluado. Este resultado guarda relación con estudios internacionales, como el de Cadme et al. (2025), quienes reportaron en comunidades rurales del cantón Quevedo, Ecuador, una concentración máxima de nitratos de 20 mg/L, valor que, aunque se mantuvo dentro de los límites permitidos, fue considerablemente mayor al obtenido en el presente estudio, situación atribuida por los autores a la influencia de actividades agrícolas y a las características del suelo. De manera similar, Sagñay (2023), en la localidad de Airón, Ecuador, identificó variaciones en los parámetros fisicoquímicos del agua potable, incluidos los nitratos, relacionadas con las condiciones ambientales y las actividades humanas de la zona. A nivel nacional, los resultados coinciden con Ruiz (2022), quien encontró concentraciones de nitratos dentro de los límites permisibles en el reservorio de Buena Vista, concluyendo que el agua era apta para consumo humano. Asimismo, Gonzales et al. (2023), al evaluar 17 reservorios rurales en Huancavelica, determinaron que los parámetros fisicoquímicos, incluidos los compuestos nitrogenados, se mantenían dentro de los estándares establecidos, situación semejante a la observada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla. A nivel regional, Mamani (2025), en el reservorio de Millojachi, Puno, registró una concentración de nitratos de 1,36 mg/L, valor ligeramente superior al encontrado en esta investigación, pero igualmente inferior al límite normativo. Del mismo modo, Ordoño (2025), en la comunidad de Molloco, Acora, reportó concentraciones entre 0,50 y 0,59 mg/L, mientras que Mamani (2022) encontró valores entre 8,5 y 13,1 mg/L en los manantiales Huayllani y Occororo Pujo, manteniéndose todos dentro de los estándares de calidad para consumo humano. En consecuencia, la concentración de nitratos registrada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla demuestra que el agua cumple ampliamente con la normativa vigente y presenta una calidad adecuada respecto a este parámetro.

Tabla 05: Condiciones físico-químicas del agua del reservorio JAS SAP Paucarcolla, respecto a los LMP D.S N°031- 2010.

Parámetro	Unidad	Concentración	LMP	Escala (0,
Reservorio JAS SAP				1)
Paucarcolla				
Color	Pt/Co	<5	15	1
Turbiedad	NTU	0.29	5	1
Conductividad CE	μS/cm	139.4	1500	1
Sólidos	totales mg/L	84	1000	1
disueltos				
pH	Und . pH	8.2	6,5 a 8,5	1
Cloruros	meq/L	18.72	250	1
Sulfatos	meq/L	5.78	250	1
Dureza total	mg/L	18.52	500	1
Nitratos	meq/L	0.87	50	1

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los análisis físicoquímicos efectuados en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla demuestran que los parámetros evaluados se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa vigente para agua de consumo humano. Los valores obtenidos de color (<5 Pt/Co), turbiedad (0,29 NTU), conductividad eléctrica (139,4 μS/cm), sólidos totales disueltos (84 mg/L), cloruros (18,72 mg/L), sulfatos (5,78 mg/L), dureza total (18,52 mg/L) y nitratos (0,87 mg/L) se ubican por debajo de los límites permitidos. Asimismo, el pH registró un valor de 8,2, encontrándose dentro del rango aceptado de 6,5 a 8,5. En conjunto, estos resultados evidencian que el agua almacenada en el reservorio presenta una adecuada calidad físicoquímica, sin indicios relevantes de contaminación por sales disueltas, partículas en suspensión o compuestos nitrogenados.

4.1.2.2. Para objetivo específico 2:

Evaluar la condición de los parámetros microbiológicos del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla pueblo y su cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.

4.1.2.2.1 Análisis de parámetro coliformes totales

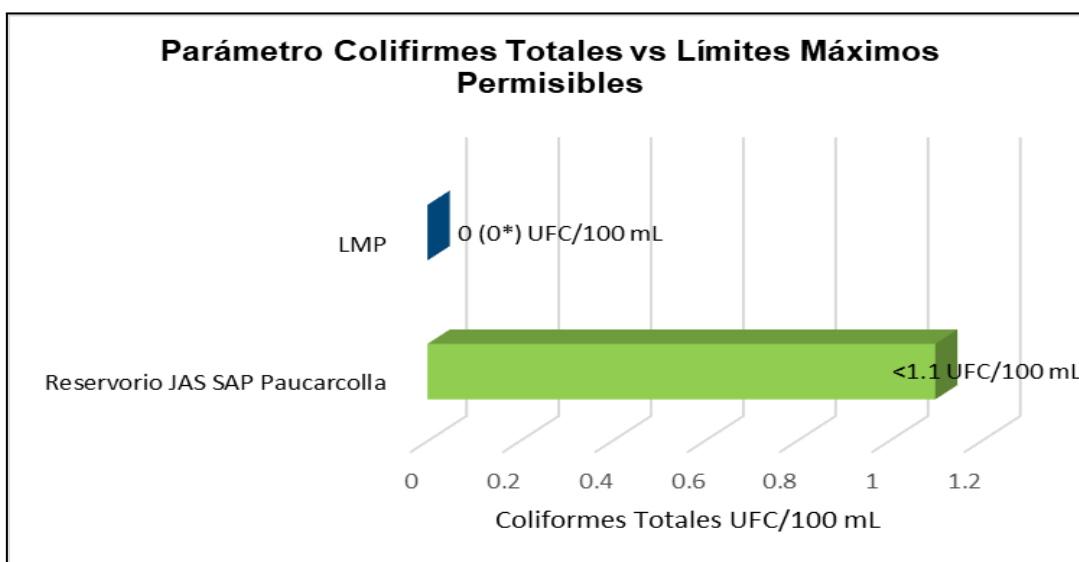


Figura 11: Concentración de coliformes totales

La figura muestra la concentración de coliformes totales identificada en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla, comparándola con el criterio sanitario establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano. El resultado obtenido fue menor a 1,1 UFC/100 mL, mientras que la normativa exige la ausencia de coliformes totales, equivalente a 0 UFC/100 mL. Este valor indica que la concentración se encuentra por debajo del límite de detección del método analítico utilizado, lo que evidencia una carga microbiológica mínima o prácticamente no detectable en el agua evaluada. La ausencia o baja presencia de coliformes totales constituye un indicador favorable de las condiciones sanitarias del sistema de abastecimiento, debido a que estos microorganismos se emplean como indicadores de posible contaminación microbiológica y de deficiencias en la protección, tratamiento o almacenamiento del agua. En ese sentido, el resultado sugiere que el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla presenta una adecuada calidad microbiológica, disminuyendo el

riesgo de presencia de microorganismos patógenos que puedan afectar la salud de la población abastecida. Este hallazgo guarda relación con lo reportado por Ruiz (2022), quien registró valores de coliformes totales menores a 1,1 UFC/100 mL en un reservorio destinado al consumo humano. Asimismo, coincide con Bombilla y Pizarra (2025), quienes determinaron la ausencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en agua distribuida mediante camiones cisterna. No obstante, difiere de lo señalado por Benavides (2023), quien encontró concentraciones promedio de 63,33 UFC/100 mL de coliformes totales, superando los límites permisibles para agua de consumo humano, situación que fue atribuida a deficiencias en la desinfección y a posibles fuentes de contaminación dentro del sistema de distribución. En suma, la concentración menor a 1,1 UFC/100 mL registrada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla evidencia una condición microbiológica favorable y sugiere que las medidas de protección de la fuente y almacenamiento del agua son adecuadas para reducir la contaminación bacteriana. Por ello, los resultados permiten considerar que el agua evaluada presenta condiciones aceptables para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico.

4.1.2.2.2 Análisis de parámetro coliformes termotolerantes

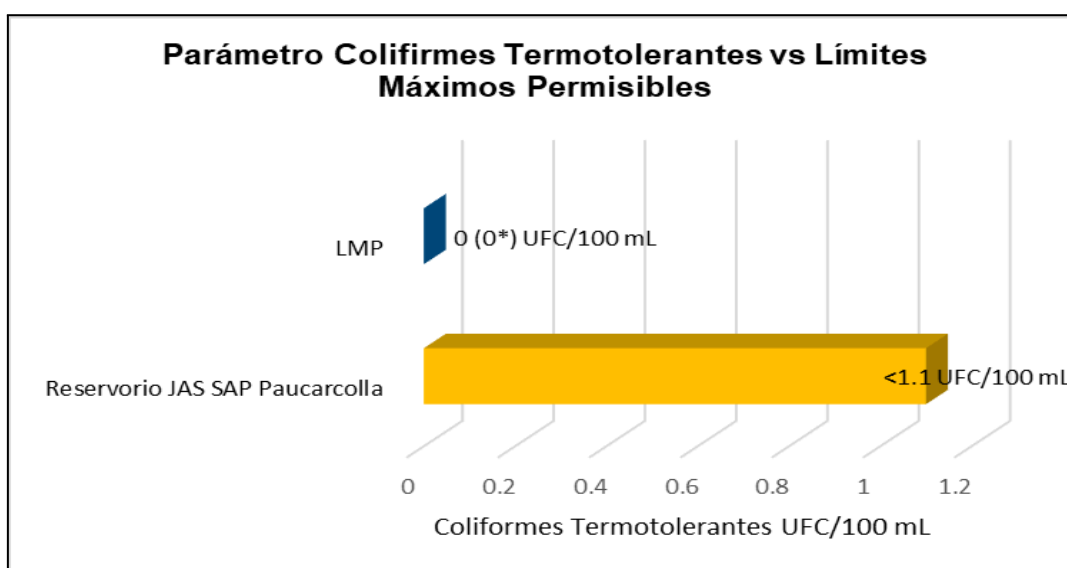


Figura 12: Concentración de coliformes termotolerantes

La figura presenta la concentración de coliformes termotolerantes determinada en el agua del reservorio JASS SAP Paucarcolla, comparándola con el criterio sanitario establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano. El resultado obtenido fue menor a 1,1 UFC/100 mL, mientras que la normativa exige la ausencia de coliformes termotolerantes, equivalente a 0 UFC/100 mL. Este valor indica que la concentración se encuentra por debajo del límite de detección del método analítico aplicado, lo que evidencia una carga microbiológica mínima o no detectable y sugiere la ausencia de contaminación fecal reciente en el agua evaluada. Los coliformes termotolerantes son indicadores importantes de contaminación por materia fecal de origen humano o animal; por ello, su no detección permite inferir que la fuente de abastecimiento y el sistema de almacenamiento presentan condiciones sanitarias favorables. En ese sentido, el agua del reservorio muestra un bajo riesgo de contener microorganismos patógenos asociados a enfermedades gastrointestinales, evidenciando condiciones adecuadas para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico. Este resultado guarda relación con lo reportado por Ruiz (2022), quien registró valores menores a 1,1 UFC/100 mL de coliformes fecales o termotolerantes en un reservorio destinado al consumo humano, concluyendo que el agua evaluada cumplía con los estándares microbiológicos establecidos por la normativa peruana. Asimismo, coincide con Bombilla y Pizarra (2025), quienes reportaron ausencia de coliformes termotolerantes, coliformes totales y *Escherichia coli* en agua distribuida mediante camiones cisterna, evidenciando condiciones sanitarias adecuadas para el consumo humano. No obstante, este resultado difiere de lo señalado por Benavides (2023), quien encontró concentraciones promedio de 13,33 UFC/100 mL de coliformes termotolerantes, superando los límites permitidos y atribuyendo dicha situación a posibles deficiencias en los procesos de desinfección y contaminación microbiológica en el sistema de abastecimiento. De manera similar, Martínez et al. (2021) reportaron presencia de contaminación microbiológica en reservorios comunitarios, asociada principalmente a la falta de sistemas permanentes de cloración. En suma, la concentración menor a 1,1

UFC/100 mL registrada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla evidencia una adecuada calidad microbiológica del agua y sugiere la ausencia de contaminación fecal reciente, reflejando condiciones sanitarias favorables en la fuente y en el almacenamiento, por lo que el agua puede considerarse apta para el consumo humano respecto a este parámetro.

Tabla 06: Condiciones microbiológicas del agua del reservorio JAS SAP Paucarcolla, respecto a los LMP D.S N°031- 2010.

Parámetro	Unidad	Concentración	LMP	Escala
Reservorio. JAS SAP				(0, 1)
Paucarcolla				
Coliformes Totales	UFC/100	<1.1	0(*)	0
	mL			
Coliformes	UFC/100	<1.1	0(*)	0
Termotolerantes	mL			

Fuente: Elaboración propia

Los resultados microbiológicos obtenidos en el reservorio JASS SAP Paucarcolla evidencian que tanto los coliformes totales como los coliformes termotolerantes registraron concentraciones menores a 1,1 UFC/100 mL. De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, el Límite Máximo Permisible para agua destinada al consumo humano es de 0 UFC/100 mL, lo que significa que el recurso debe estar libre de estos microorganismos. Sin embargo, el valor reportado como “<1,1” indica que la concentración se encuentra por debajo del límite de detección del método analítico empleado, por lo que se interpreta como ausencia no detectable de coliformes. En ese sentido, dentro de la escala de evaluación utilizada, se asignó el valor 0 (*), indicando el cumplimiento del estándar microbiológico. Por consiguiente, los resultados permiten señalar que el agua almacenada en el reservorio JASS SAP Paucarcolla no presenta evidencia detectable de contaminación microbiológica por coliformes totales ni termotolerantes, lo cual constituye un indicador favorable de su calidad sanitaria.

4.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.3.1. CONTRASTE DE HIPÓTESIS GENERAL

(Ha): Las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo no son superiores a los Límites Máximos Permisibles (LMP), Puno 2025.

(Ho): Las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo son superiores a los Límites Máximos Permisibles (LMP), Puno 2025.

Decisión: Los resultados obtenidos evidencian que todos los parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. N.° 031-2010-SA. Los parámetros físico-químicos presentaron concentraciones significativamente inferiores a los límites normativos, mientras que los parámetros microbiológicos registraron ausencia de contaminación significativa. Por consiguiente, se acepta la hipótesis general de investigación, confirmándose que las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio JAS SAP Paucarcolla no superan los Límites Máximos Permisibles y que el agua es apta para el consumo humano. Además, dado que todos los parámetros evaluados cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.° 031-2010-SA, se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho), concluyendo que las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo no superaron a los Límites Máximos Permisibles (LMP), por lo tanto es apta para el consumo humano.

4.3.2. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

(Ha): La condición de los parámetros físico-químicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo, no son superiores a los límites Máximos Permisibles, Puno - 2025

(Ho): La condición de los parámetros físico-químicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo, no son superiores a los límites Máximos Permisibles,

Puno - 2025

Decisión: Los análisis físico-químicos reflejaron que los valores de color (<5 UCV), turbidez (0,29 NTU), conductividad eléctrica (139,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (84 mg/L), pH (8,2), cloruros (18,72 mg/L), sulfatos (5,78 mg/L), dureza total (18,52 mg/L CaCO_3) y nitratos (0,87 mg/L) se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa nacional. Estos resultados demuestran que las características físico-químicas del agua cumplen con los estándares de calidad para consumo humano. En consecuencia, se acepta la hipótesis específica alterna.

4.3.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

(Ha): La condición de los parámetros microbiológicos del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo, se ajustan a los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.

(Ho): La condición de los parámetros microbiológicos del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo, no se ajustan a los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.

Decisión: Los resultados microbiológicos mostraron concentraciones inferiores a 1,1 UFC/100 mL para coliformes totales y coliformes termotolerantes, indicando ausencia de contaminación bacteriológica significativa en el agua del reservorio. Estos resultados evidencian condiciones sanitarias adecuadas y el cumplimiento de los criterios microbiológicos establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, concluyendo que los parámetros microbiológicos del agua se ajustan a los Límites Máximos Permisibles para agua destinada al consumo humano.

Los cifras obtenidos permitieron verificar que los parámetros físico-químicos y microbiológicos evaluados en el agua del reservorio JAS SAP Paucarcolla Pueblo se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. N.º 031-2010-SA. Ninguno de los parámetros analizados superó los valores normativos, evidenciando una adecuada calidad del agua para consumo humano. En consecuencia, se aceptaron la hipótesis general y las hipótesis específicas planteadas en la

investigación, confirmándose que las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio cumplen con los estándares de calidad establecidos por la normativa sanitaria vigente.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se determinó que las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua del reservorio JASS SAP de la comunidad de Paucarcolla Pueblo, durante el año 2025, se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Estos resultados evidencian que el agua evaluada es apta para el consumo humano desde el punto de vista sanitario y de calidad. Asimismo, permiten señalar que el reservorio JASS SAP Paucarcolla presenta condiciones adecuadas de protección y almacenamiento del recurso hídrico, lo que contribuye a conservar la calidad del agua y a reducir los riesgos de contaminación física, química y microbiológica.

SEGUNDA: En relación con los parámetros fisicoquímicos, se evidenció que los valores obtenidos de color (<5 UCV), turbidez (0,29 NTU), conductividad eléctrica (139,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (84 mg/L), pH (8,2), cloruros (18,72 mg/L), sulfatos (5,78 mg/L), dureza total (18,52 mg/L CaCO_3) y nitratos (0,87 mg/L) se encontraron dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Estos resultados demuestran que el agua del reservorio presenta una adecuada calidad fisicoquímica, con baja concentración de sustancias disueltas, partículas suspendidas y compuestos que podrían comprometer su potabilidad.

TERCERA: Respecto a los parámetros microbiológicos, los resultados de coliformes totales y coliformes termotolerantes fueron menores a 1,1 UFC/100 mL, lo que indica una presencia no detectable o mínima de estos microorganismos en el agua evaluada. Estos valores evidencian que no existe contaminación microbiológica significativa y que el agua

cumple con los criterios sanitarios establecidos por la normativa nacional para el consumo humano.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda a la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento del Servicio de Agua Potable de Paucarcolla continuar desarrollando acciones de vigilancia, operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua. Estas actividades permitirán conservar la calidad del recurso hídrico, prevenir posibles riesgos de contaminación y asegurar el cumplimiento permanente de los estándares establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para agua destinada al consumo humano.

SEGUNDA: Se recomienda a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) reforzar las acciones orientadas a la protección de la fuente de abastecimiento y del reservorio, mediante inspecciones periódicas, labores de limpieza preventiva y control de actividades humanas cercanas que puedan representar riesgos de contaminación. Estas medidas permitirán conservar las condiciones fisicoquímicas adecuadas del agua, prevenir posibles alteraciones en su calidad y asegurar el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa sanitaria vigente.

TERCERA: Se recomienda a la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) de la comunidad de Paucarcolla Pueblo, en coordinación con la Municipalidad Distrital de Paucarcolla, continuar y reforzar las acciones de vigilancia sanitaria, limpieza y desinfección periódica del reservorio y de la red de distribución. Asimismo, se sugiere implementar programas permanentes de monitoreo microbiológico del agua, considerando la evaluación regular de coliformes totales y coliformes termotolerantes. De igual manera, resulta necesario fortalecer las medidas de protección sanitaria en las etapas de captación, conducción y almacenamiento del recurso hídrico, con la finalidad

de prevenir posibles riesgos de contaminación fecal y garantizar la calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Ramos, D. (2025). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas del río llave destinada al consumo humano. Universidad Privada San Carlos. Recuperado de <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1159>
- Alvarez. (2025). Qué es un manantial. Conoce su futuro—Fundación Aquae. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-manantiales-los-pozos/>
- Almawatech. (2025). *Dureza total—Glosario—ALMAWATECH*. <https://www.almawatech.com/es/aguas-residuales/gesamthaerte/>
- Benavides, J. (2023). *Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en el distrito de Pardo Miguel. Rioja, 2021* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/c6297f78-8b9a-4e3f-acc9-2d8830b10bbc/content>
- Bombilla, J., & Pizarro Contreras, T. M. (2025). *Evaluación microbiológica y fisicoquímica de la calidad del agua para consumo humano del sistema de abasto en cisterna de la Asociación de Vivienda de Valle Grande-Ate Vitarte noviembre 2024* [Tesis de Licenciatura, Universidad María Auxiliadora]. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/2790>
- Boyd, C. (2017, octubre 16). Conductividad eléctrica del agua, parte 1—Responsible Seafood Advocate. *Global Seafood Alliance*. <https://www.globalseafood.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-1/>
- Bustincio, S. Y. (2026). *Caracterización física, química y biológica del agua de la bahía del Lago Titicaca en el distrito de Puno, 2026*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/2151>
- Caceres. (2025). *Cloruros en el agua: Niveles, fuentes y soluciones de purificación*. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://www.ecosoft.com/es/post/what-do-chlorides-in-water-tell-us>

- Cadme-Arévalo, M. L., Cedeño-Moreira, A. V., Arreaga-Cadme, T. S., Geijo-López, A., García-Cadme, R. L., & Rojas-Urbe, L. S. (2025). Calidad del Agua Potable en las Zonas Rurales Periféricas del Cantón Quevedo, Ecuador. *Terra Latinoamericana*, 43. <https://doi.org/10.28940/terra.v43i.2106>
- Carbajal. (2025). pH ¿Qué es y cómo afecta en el agua? Purificación. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de Carbotecnia website: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-el-ph-del-agua/>
- Chira Fernández, J. E. (2024). Impacto de los metales pesados del río Mantaro en la aptitud de los suelos agrícolas del sector Jauja-Huancayo, Junín, 2020.
- Chirinos. (2024). *Características Fisicoquímicas del agua*. Recuperado 5 de noviembre de 2025. <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/39>
- Cruz-Aviña, J. R., Núñez-García, L. G., Cabrera, R., Díaz-Larrea, J., & Castañeda-Roldan, E. I. (2021). Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua en cuatro lagos cráter del estado Puebla, México. *Nexo Revista Científica*, 34(06), 1632-1648.
- Cutimbo. (2023). *Descripción: Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de La Yarada y Los Palos del distrito de Tacna*. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJB_e320abd724bc4cafb7ae0207ddc3022d
- Defensoría del Pueblo. (2022). *Boletín sobre la cobertura del agua potable—Región Puno*. INFORME DE ADJUNTÍA N° 006-2022-DP/AMASPPI. <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2022/03/006-BOLETIN-sobre-cobertura-de-agua-potable-Regi%C3%B3n-PUNO.pdf>

Dongo. (2025). *La importancia del agua para vivir—Fundación Aquae*. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/importancia-del-agua/>

DS N° 031-2010-SA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. MINSA. https://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf

Fundación Aquae. (2026). ¿Qué son las aguas subterráneas? *Fundación Aquae*. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/las-aguas-subterraneas/>

Gonzales, W., Acharte Lume, L. M., Poma Palacios, J. C., Sánchez Araujo, V. G., Quispe Coica, F. A., & Meseguer Pallares, R. (2023). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(1), 23-31. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.486>

Hanna. (2024). Turbidez en agua | HANNA Instruments Colombia. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://www.hannacolombia.com/blog/post/1074/turbidez-en-agua?srsltid=AfmBOoo9pmBSCImxr6ane6ESYjdTqRQPN1vC4AchpQKLWRuCGOI1PDVn>

Innova. (2023). Diferencias entre VMA y LMP en el Tratamiento de Agua—Innova Acqua. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://innova-acqua.com/diferencias-entre-vma-y-lmp-en-el-tratamiento-de-agua/>

Juarez. (2024). Sólidos totales y disueltos (TSS y TDS)—Parámetros de calidad del agua | Hach. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de <https://es.hach.com/parameters/solids>

Karls. (2024). ¿Cuáles son los colores del agua?. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de Fundación Aquae website: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/colores-agua/>

- Machaca Condori, T. (2025). *Análisis de la calidad de agua potable en el sector de patallani, Distrito de Paucarcolla—Puno 2024*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/1166>
- Mamani, Y. C. (2025). *Análisis de la calidad de agua del reservorio en el Centro Poblado de Millojachi, Puno-2025*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/1758>
- Manco, H. (2025). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad del agua de reservorios naturales de extremófilos de la región de Amazonas* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/4789>
- Martínez-Santos, P., Aristizábal, H. F., Díaz-Alcaide, S., & Gómez-Escalonilla, V. (2021). *Predictive mapping of aquatic ecosystems by means of support vector machines and random forests. Journal of Hydrology*, 595, 126026. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126026>
- MINSA. (2025). *Lineamientos para la ejecución de los recursos para la vigilancia sanitaria de la calidad del agua para consumo humano en la DIRESA o GERESA*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/9273606/7608835-documento-tecnico-lineamientos-para-la-ejecucion-de-los-recursos-para-la-vigilancia-sanitaria-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-en-las-diresas-o-geresas.pdf?v=1768226830>
- Oblitas Terrones, Y. G. (2016). *Identificación de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli aisladas del agua potable del distrito de Cajamarca*.
- Ordoño, J. (2025). *Calidad del agua del sistema de abastecimiento de la comunidad Molloco del Distrito de Acora, Puno—2024*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/1323>
- Pari Quispe, D. (2023). *Presencia de coliformes totales y fecales en Prochilodus nigricans “Boquichico”: Presence of total and fecal coliforms in Prochilodus nigricans «Boquichico»*.

- Ruiz, E. Y. (2022). *Análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad del agua para consumo humano del Centro Poblado de Buena Vista, Distrito De Pozuzo, Provincia De Oxapampa—Perú, 2021*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2606>
- Sagñay, S. (2023). *Análisis físico-químico y microbiológico del agua para el consumo humano de la comunidad airón Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/6052c174-d952-43cd-9f1c-f353c9158659>
- Sánchez, S., & Guangasig, V. H. (2023). Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano: La realidad en el Ecuador: Microbiological Quality of Water for Human Consumption: The reality in Ecuador. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 97.
- Sinia. (2023). PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES | SINIA. Recuperado 4 de noviembre de 2025, de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>
- Sthuwas. (2025). Fecal Coliform—An overview | ScienceDirect Topics. Recuperado 5 de noviembre de 2025, de https://www-sciencedirect-com.translate.goog/topics/engineering/fecal-coliform?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Tabera, A. E., Cisneros-Basualdo, N. E., Cepeda, R., Marinelli, C., Landa, R., Rodríguez, C. I., Ruiz de Galarreta, V. A., & Krüger, A. (2023). Calidad microbiológica, física y química del agua empleada en establecimientos lácteos artesanales de Tandil, Argentina. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 39.
<https://doi.org/10.20937/rica.54861>

- Vargas, E. H., & Tito Ocamayta, D. (2026). *Calidad del agua para consumo humano en Centro Poblado Santa Ana de Tarucani, San Antonio de Putina, Puno, 2025*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/2031>
- Vásquez, J. C. (2024). *Percepción y calidad del agua para consumo humano en función a indicadores bacteriológicos de las fuentes de abastecimiento en la comunidad de Olmos, distrito Lajas, 2023*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/584>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

Título: CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RESERVOIRIO EN LA COMUNIDAD DE PAUCARCOLLA PUEBLO EN

RELACIÓN A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES, PUNO - 2025

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Problema General: ¿En qué medida las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo cumplen a los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025?	Objetivo General: Evaluar en qué medida las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo cumplen a los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.	Hipótesis General: Las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo no superan en su totalidad a los Límites Máximos Permisibles (LMP), Puno 2025.	Tipo de estudio: aplicada Enfoque: Cuantitativo. Diseño: No experimental - de corte transversal. Población: La población estuvo constituida por 60 metros cúbicos que abastece a la comunidad de Paucarcolla. Muestreo: Conformada por un volumen de 1000 ml de agua extraída del reservorio JAS SAP.	Técnicas para recolectar datos: Encuesta Instrumento: Cuestionario Técnicas de análisis de datos: Estadística inferencial
Problemas Específicos: PE1: ¿Cuál es el panorama de los parámetros físico-químicos del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla pueblo y su cumplimiento con los Límites Máximos Permisibles (LMP), Puno -2025?	Objetivos Específicos: OE1: Evaluar el panorama de los parámetros físico-químicos del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla pueblo y su cumplimiento de los Límites Máximos Permisible, Puno - 2025.	Hipótesis Específicas: HE1: La condición de los parámetros físico-químicos del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo, no son superiores a los límites Máximos Permisibles, Puno - 2025		
PE2: ¿Cuál es la condición de los parámetros microbiológicos del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla pueblo y su cumplimiento con los Límites Máximos Permisibles (LMP), Puno -2025?	OE2: Evaluar la condición de los parámetros microbiológicos del agua del reservorio de la comunidad de Paucarcolla pueblo y su cumplimiento de los Límites Máximos Permisible, Puno - 2025.	HE2: La condición de los parámetros microbiológicos del agua del reservorio en la comunidad de Paucarcolla pueblo, se ajustan a los Límites Máximos Permisibles, Puno - 2025.		

Anexo 02: Límites Máximos Permisibles de Parámetros físico-químicos

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. Manganeseo	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 03: Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos

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. E. Coli	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 04: Resultados de laboratorio



BHIOS
LABORATORIOS

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



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 6215-2025-A
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PAUCARCOLLA
DIRECCIÓN	: PZA.DE ARMAS NRO. S/N CERCADO (LOCAL DEL MUNICIPIO) PUNO - PUNO - PAUCARCOLLA
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA POTABLE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Jass Paucarcolla / M-1.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: 17/08/2025 13:20 Procedencia: E:386667, N:8259020, A:3911 - Puno - Puno - Paucarcolla.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 3350 mL aprox. Compuesta por 01 envase PE de 1000 mL, 01 envase de vidrio de 250 mL, para análisis MB. 01 envase PE de 1000 mL, 02 envases PE de 500 mL c/u., 01 envase PE de 100 mL, para análisis FQ
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de vidrio y polietileno cerrados y etiquetados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1779-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 18/08/2025

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- La forma oficial de entrega y uso del Informe de Ensayos es: "Digital, en formato (PDF) con una Firma Electrónica Autorizada" (cualquier tipo de edición invalida el documento digital).
- Se tiene la opción, de emitir el Informe de Ensayos de manera "Impresa/Física a partir del documento digital, visado con un Sello y Firma Manuscrita". (cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el documento Impreso).

PRP-08-F-05-IE Versión: 05 Fecha de Emisión: 2025/05/07 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 1 de 2

Av. Quíñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú

Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110

e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

Figura 13: Certificado de análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos



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



INFORME DE ENSAYOS N° 6215-2025-A
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA POTABLE Jass Paucarcolla / M-1.	UNIDADES
MB	Numeración de Coliformes totales	<1.1	NMP/100mL
MB	Recuento de Heterótrofos en Placa	<1(e)	ufc/mL
MB	Numeración de Escherichia coli (NMP)	<1.1	NMP/100mL
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	<1.1	NMP/100mL
FQ	Sólidos Totales Disueltos	84	mg/L
FQ	Dureza Total (como CaCO ₃)	18.52	mg/L
FQ	Conductividad	139.4	µS/cm

ABREVIATURAS:

mg/L	: Miligramos por litro
NMP/100mL	: Número más probable por 100 mililitros
ufc/mL	: Unidades formadoras de colonia por mililitro
µS/cm	: Microsiemens por centímetro

MÉTODOS UTILIZADOS:

Numeración de Coliformes totales	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9221-B, Pag. 1-8, 24th Ed. 2023. Multiple tube fermentation technique for members of the coliform group: Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Recuento de Heterótrofos en Placa	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9215-B, Pag. 1-5, 24th Ed. 2023. Heterotrophic Plate Count: Pour Plate Method.
Numeración de Escherichia coli (NMP)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9221-F, Pag. 10-11, 24th Ed. 2023. Multiple tube fermentation technique for members of the coliform group: Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate.
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9221-E, Pag. 10-11, 24th Ed. 2023. Multiple Tube fermentation technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedures (EC Medium).
Sólidos Totales Disueltos	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2540-C, 24th Ed. 2023. SOLIDS. Total dissolved Solids Dried at 180° C.
Dureza Total (como CaCO ₃)	: Norma Técnica Peruana 214.018 (Revisada el 2019) 1999 Agua para consumo Humano. Determinación de la dureza. Método volumétrico con EDTA.
Conductividad	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2510-B, Pag 1-4, 24th Ed. 2023. Conductivity. Laboratory Method.

OBSERVACIONES:

LD: Límite de detección del método / LC: Límite de cuantificación del método.
(e): Recuento estimado.
Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método / "N.D." No detectado (Por debajo del límite de detección del método))

Figura 14: Certificado de análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos



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



INFORME DE ENSAYOS N° 6215-2025-A
PÁGINA 3 DE 3

Metales Totales (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA POTABLE Jass Paucarcolla / M-1.	UNIDADES
FQ	Al (Aluminio)	0.0003	0.01	0.0136	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0.000003	0.00002	0.00020	mg/L
FQ	B (Boro)	0.0002	0.005	2.068	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0.00002	0.0004	0.00993	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0.000001	0.00001	0.00006	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0.000003	0.00005	0.0009	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0.00003	0.001	0.002	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0.0002	0.01	0.0121	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0.00002	0.00008	0.0001	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0.00001	0.0002	0.0007	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0.000003	0.0001	0.0002	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0.001	0.02	19.23	mg/L
FQ	Ni (Níquel)	0.00001	0.0001	0.0002	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0.00001	0.0002	<0.0002	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0.000003	0.0001	0.00015	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0.00002	0.0002	N.D.	mg/L
FQ	U (Uranio)	0.000001	0.00002	0.00002	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0.0002	0.006	0.0111	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS:

Metales Totales (DS 031) : EPA METHOD 6020 B, Rev. 2, July 2014 (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry

OBSERVACIONES:

LD: Límite de detección del método / LC: Límite de cuantificación del método.

(e) : Recuento estimado.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método / "N.D." No detectado (Por debajo del límite de detección del método)

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 18/08/2025 al 27/08/2025

MB 18/08/2025 al 25/08/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 28/08/2025



Contraseña: zHak3u

Fin del Informe



Firmado digitalmente por: Miguel Valderrama
Gerente Técnico - BHIOS LABORATORIOS S.R.L.
mvalderrama@bhioslabs.com
Av. Quífonos B-6 (2do piso) Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara
28/08/2025 13:08

PRP-08-F-05-IE Versión: 05 Fecha de Emisión: 2025/05/07 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 2 de 2
Av. Quífonos B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

Figura 15: Certificado de análisis de los parámetros físico-químico y microbiológicos

Anexo 05: Evidencias fotográficas



Figura 16: Primera evidencia fotográfica de la toma de muestra



Figura 17: Segunda evidencia fotográfica de la toma de muestra



Figura 18: Tercera evidencia fotográfica de la toma de muestra



Figura 19: Cuarta evidencia fotográfica de la toma de muestra