

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD

CAMPESINA DE CANGALLI ACHATUYO - ILAVE, 2025

PRESENTADA POR:

IDEL FRANKLIN MAMANI MAQUERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2026



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



15.86%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 29 DEC 2025, 2:55 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL 2.2% ● CHANGED TEXT 13.65%

Report #30829913

IDEL FRANKLIN MAMANI MAQUERA // CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CANGALLI ACHATUYO - ILAVE, 2025 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, durante el año 2025. Para ello, se analizaron dos muestras de agua (P1 y P2), en las cuales se determinaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados fisicoquímicos obtenidos en las muestras P1 y P2 mostraron niveles estables y dentro de rangos esperados para aguas ligeramente mineralizadas. Parámetros como pH (7.05–7.10), conductividad eléctrica (1020.20–1107.20 $\mu\text{mho/cm}$), sólidos disueltos totales (536.87–582.87 mg/L), dureza total (314.40–346.40 mg/L), cloruros (69.38–72.97 mg/L) y sulfatos (55.16–68.40 mg/L) no presentaron variaciones significativas entre ambas muestras, lo que evidencia una composición fisicoquímica uniforme. En cuanto a los parámetros microbiológicos, ambas muestras presentaron niveles idénticos de coliformes totales (26 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (4 NMP/100 mL), indicando la presencia de contaminación fecal y un riesgo potencial para la salud. Esta similitud sugiere una fuente común de contaminación o deficiencias en el sistema de captación o distribución del recurso. Finalmente, al comparar los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-SA, se verificó que todos los parámetros

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

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD
CAMPESENA DE CANGALLI ACHATUYO - ILAVE, 2025**

PRESENTADA POR:

IDEL FRANKLIN MAMANI MAQUERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:


PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


Dra. CELIA VERENISSE ORTIZ DE ORUE ROJAS

SEGUNDO MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub Área de Ingeniería Ambiental.

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 05 de enero de 2026.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, quienes con su apoyo constante y sus palabras de ánimo hicieron posible que continúe avanzando a pesar de las dificultades. A mis padres, por su esfuerzo, dedicación y por enseñarme el valor del estudio, la responsabilidad y la perseverancia. Sin su guía y confianza, este logro no habría sido posible.

Extiendo también esta dedicatoria a mis hermanos, por acompañarme en este camino y brindarme motivación en los momentos más exigentes. Su compañía y comprensión fueron un apoyo importante durante este proceso.

De igual manera, dedico este trabajo a las personas que, de una u otra forma, aportaron con su orientación, consejos y colaboración para que esta investigación se lleve a cabo. Su ayuda ha sido fundamental para alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional integral que ha contribuido significativamente a mi desarrollo académico y personal, permitiéndome asumir con responsabilidad el compromiso de aportar al progreso de mi región.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por ofrecerme las herramientas teóricas y prácticas necesarias para comprender y enfrentar los retos ambientales actuales, fortaleciendo mi vocación y compromiso con la protección del entorno.

A los miembros del jurado calificador,

- Dra. Marlene Cusi Montesinos,
- Dra. Celia Verenisse Ortiz De Orue Rojas,
- M.Sc. Korina Asqui Gomez,

por ser parte fundamental de esta investigación, por sus valiosos aportes, observaciones y la rigurosidad académica que permitieron mejorar la calidad de este trabajo.

A mi asesor, Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, por su constante apoyo, orientación y disposición durante todo el proceso de elaboración de la tesis. Su guía y experiencia fueron esenciales para la culminación satisfactoria de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	14
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	14
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	16
1.2.3. A NIVEL LOCAL	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. AGUA	22

2.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	23
2.1.3. CONTAMINACIÓN DEL AGUA	25
2.1.4 CALIDAD DE AGUA	26
2.1.5. CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	26
2.2. MARCO CONCEPTUAL	27
2.3. MARCO NORMATIVO	28
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	30
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	30
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	30
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	31
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	33
3.2.1. POBLACIÓN	33
3.2.2. MUESTRA	33
3.3. MÉTODOS Y MATERIALES	33
3.3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO	34
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	36
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	37
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CANGALLI ACHATUYO - ILAVE, 2025	39
4.2. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CANGALLI ACHATUYO - ILAVE, 2025.	45

4.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ESTABLECIDOS EN EL D.S. 031-2010.	49
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	53
4.5.1. DE LA HIPÓTESIS GENERAL	53
4.5.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	53
4.5.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	54
4.5.4. DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	55
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXO	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Parámetros y descripción de la ubicación de los puntos de muestreo.	33
Tabla 02: Cuadro de operacionalización de variables.	36
Tabla 03: Concentración de parámetros fisicoquímicos para la muestra P1.	39
Tabla 04: Concentración de parámetros fisicoquímicos para la muestra P2.	41
Tabla 05: Concentración de parámetros microbiológicos para la muestra P1.	45
Tabla 06: Concentración de parámetros microbiológicos para la muestra P2	45
Tabla 07: Comparación de los parámetros de la muestra P1 con los LMP.	49
Tabla 08: Comparación de los parámetros de la muestra P2 con los LMP.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación de la Comunidad Campesina Cangalli Achatuyo respecto a la ciudad de Ilave.	32
Figura 02: Comparación de las concentración de parámetros fisicoquímicos de las 2 muestras.	43
Figura 03: Comparación de las concentración de parámetros microbiológicos de las 2 muestras.	47
Figura 04: Vista panorámica del Pozo (Muestra P1)	70
Figura 05: Extracción de agua de la muestra 01.	70
Figura 06: Vista panorámica del manantial (Muestra P2)	71
Figura 07: Extracción de agua para el análisis fisicoquímico de la Muestra P2.	71
Figura 08: Extracción de agua para el análisis microbiológico de la Muestra P2.	72
Figura 09: Rotulación de las muestras para llevar al laboratorio para su análisis.	72
Figura 10: Colocando las muestras en un cooler para su traslado al laboratorio.	73

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz De Consistencia	64
Anexo 02: Límites Máximos Permisibles del DS N.º 031-2010-SA	66
Anexo 03: Análisis de laboratorio para la Muestra 1.	68
Anexo 04: Análisis de laboratorio para la Muestra 2.	69
Anexo 05: Galería fotográfica.	70

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, durante el año 2025. Para ello, se analizaron dos muestras de agua (P1 y P2), en las cuales se determinaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados fisicoquímicos obtenidos en las muestras P1 y P2 mostraron niveles estables y dentro de rangos esperados para aguas ligeramente mineralizadas. Parámetros como pH (7.05–7.10), conductividad eléctrica (1020.20–1107.20 $\mu\text{mho/cm}$), sólidos disueltos totales (536.87–582.87 mg/L), dureza total (314.40–346.40 mg/L), cloruros (69.38–72.97 mg/L) y sulfatos (55.16–68.40 mg/L) no presentaron variaciones significativas entre ambas muestras, lo que evidencia una composición fisicoquímica uniforme. En cuanto a los parámetros microbiológicos, ambas muestras presentaron niveles idénticos de coliformes totales (26 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (4 NMP/100 mL), indicando la presencia de contaminación fecal y un riesgo potencial para la salud. Esta similitud sugiere una fuente común de contaminación o deficiencias en el sistema de captación o distribución del recurso. Finalmente, al comparar los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-SA, se verificó que todos los parámetros fisicoquímicos cumplen con la normativa vigente. Sin embargo, los parámetros microbiológicos exceden los valores permitidos (<1.8 NMP/100 mL), lo que determina un incumplimiento sanitario significativo. Por lo tanto, se concluye que la calidad del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025, no es apta para el consumo humano, debido a la presencia de contaminación microbiológica pese al adecuado comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

Palabras clave: Agua, Contaminación, Fisicoquímica, LMP, Microbiológica.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the quality of drinking water in the Cangalli Achatuyo - Ilave Peasant Community during the year 2025. To this end, two water samples (P1 and P2) were analyzed, and physicochemical and microbiological parameters were determined. The physicochemical results obtained in samples P1 and P2 showed stable levels within the expected ranges for slightly mineralized water. Parameters such as pH (7.05–7.10), electrical conductivity (1020.20–1107.20 $\mu\text{mho/cm}$), total dissolved solids (536.87–582.87 mg/L), total hardness (314.40–346.40 mg/L), chlorides (69.38–72.97 mg/L), and sulfates (55.16–68.40 mg/L) did not show significant variations between the two samples, indicating a uniform physicochemical composition. Regarding microbiological parameters, both samples presented identical levels of total coliforms (26 MPN/100 mL) and thermotolerant coliforms (4 MPN/100 mL), indicating the presence of fecal contamination and a potential health risk. This similarity suggests a common source of contamination or deficiencies in the water intake or distribution system. Finally, when comparing the results obtained with the Maximum Permissible Limits of Supreme Decree 031-2010-SA, it was verified that all physicochemical parameters comply with current regulations. However, the microbiological parameters exceed the permitted values (<1.8 MPN/100 mL), which constitutes a significant sanitary non-compliance. Therefore, it is concluded that the quality of the drinking water in the Cangalli Achatuyo - Ilave Peasant Community, 2025, is not suitable for human consumption due to the presence of microbiological contamination, despite the adequate behavior of the physicochemical parameters.

Keywords: Water, Contamination, Physicochemical, MPL, Microbiological.

INTRODUCCIÓN

El acceso a agua de calidad para consumo humano constituye un aspecto esencial para garantizar la salud pública y el bienestar de las comunidades. En zonas rurales altoandinas, como la comunidad campesina de Cangalli Achatuyo, la disponibilidad y calidad del agua se ven afectadas por factores ambientales, geográficos y socioeconómicos que pueden comprometer su aptitud para el consumo directo. La ausencia de sistemas adecuados de tratamiento, la variabilidad climática, la actividad agropecuaria y la limitada infraestructura sanitaria hacen que la población dependa de fuentes de agua cuya calidad no siempre ha sido evaluada de manera técnica y periódica. En este contexto, la Ingeniería Ambiental desempeña un papel fundamental en la evaluación de la calidad del agua, ya que permite identificar riesgos químicos, físicos y microbiológicos que pueden representar una amenaza para la salud de las personas. Asimismo, la evaluación de la calidad del agua se convierte en un instrumento clave para la toma de decisiones, la gestión adecuada de los recursos hídricos y la implementación de medidas preventivas o correctivas en beneficio de la comunidad.

La presente investigación surge ante la necesidad de determinar las condiciones reales del agua destinada al consumo humano en la comunidad campesina de Cangalli Achatuyo - llave, durante el año 2025. El estudio permitirá conocer el grado de cumplimiento de los parámetros establecidos en la normatividad sanitaria peruana, así como identificar posibles riesgos asociados a su uso. De este modo, se pretende contribuir con información confiable que sirva de base para futuras acciones de mejora, asegurando un suministro de agua saludable para la población local.

Con el fin de presentar de manera ordenada y coherente el trabajo desarrollado, el presente documento se estructura en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Se expone el problema de investigación, sustentado con información relevante y actual. Asimismo, se presentan los antecedentes internacionales, nacionales y locales vinculados al estudio, para finalmente definir los objetivos que guiaron la investigación.

Capítulo II: Se desarrollan los conceptos y fundamentos teóricos que respaldan la investigación. Se incluye el marco teórico, el marco conceptual y la normativa nacional vigente relacionada con la calidad del agua para consumo humano. Al final, se mencionan las hipótesis planteadas.

Capítulo III: Se describe detalladamente la metodología aplicada en la investigación. Se presenta la zona de estudio, la población y la muestra, así como los procedimientos estadísticos utilizados para el análisis de datos.

Capítulo IV: Se exponen los resultados obtenidos y se lleva a cabo su respectivo análisis e interpretación.

Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas del estudio y se formulan recomendaciones basadas en los hallazgos alcanzados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso a agua potable segura es un derecho humano reconocido por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU, 2022). Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) estima que, para el 2023, alrededor de 2.2 mil millones de personas en el mundo carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura. Esta situación incrementa los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua, como diarreas, cólera, hepatitis A y fiebre tifoidea, que representan una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en países en vías de desarrollo.

En América Latina, a pesar de los avances en cobertura de agua potable, persisten problemas relacionados con la calidad del recurso hídrico. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2024) señala que la contaminación microbiológica, producto de la deficiente infraestructura de saneamiento, afecta a un porcentaje significativo de la población rural. En zonas andinas y amazónicas, el consumo de agua sin tratamiento adecuado genera brotes recurrentes de enfermedades gastrointestinales, lo que limita la calidad de vida y el desarrollo social (Félez, 2009).

En el Perú, el acceso al agua segura es un desafío constante, especialmente en comunidades rurales. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2023) , cerca del 26% de la población rural no accede a agua con estándares de potabilidad. El Ministerio de Salud (MINSA) ha reportado que muchas fuentes de agua destinadas al consumo humano presentan contaminación microbiológica y alteraciones

organolépticas que superan los límites establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Esta situación se traduce en una alta incidencia de enfermedades diarreicas agudas, particularmente en niños menores de cinco años.

La Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo, ubicada en el distrito de Ilave (provincia de El Collao, región Puno), depende principalmente de manantiales y sistemas rudimentarios de captación para su abastecimiento de agua. Sin embargo, la ausencia de sistemas de tratamiento adecuados y la falta de control en la calidad del agua generan dudas sobre su aptitud para el consumo humano. Los pobladores han reportado problemas frecuentes de sabor, color y turbidez en el agua, así como casos recurrentes de enfermedades gastrointestinales. Esta problemática hace necesario evaluar la calidad del agua considerando parámetros organolépticos y microbiológicos, y contrastarlos con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010-SA, con el fin de garantizar la salud y bienestar de la población.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo es la calidad del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál será el nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025?
- ¿Cuál será el nivel de concentración de los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025?
- ¿Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano, excederán los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Mamani et al. (2022), realizaron una investigación bajo los lineamientos de la Norma Boliviana NB 512, referente a la calidad del agua para consumo humano, en las

comunidades de Carmen Pampa y Chovacollo, con el propósito de evaluar su aptitud para el consumo según los parámetros establecidos. Con el objetivo analizar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua en diferentes puntos del sistema de abastecimiento, tales como la toma, el tanque y el grifo. Los resultados obtenidos indicaron que el pH varió entre 6.78 y 7.57, valores que se encuentran dentro del rango aceptable para agua potable. La CE presentó valores entre 27.5 y 28.27 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que en el tanque de Chovacollo se alcanzó 43.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando una ligera variación en la mineralización del agua entre ambos sistemas. En cuanto al oxígeno disuelto, los valores oscilaron entre 98.7% y 104.3%, reflejando una adecuada aireación y baja presencia de materia orgánica. La turbidez fue baja, con registros de 0.14 a 1.81 NTU, lo que sugiere una adecuada claridad del agua. Respecto a los parámetros microbiológicos, los resultados mostraron que en cuatro de los seis puntos evaluados, la presencia de *Escherichia coli* (*E. coli*) fue nula (0 UFC); sin embargo, se detectaron valores de 28 UFC en Chovacollo y 14 UFC en Carmen Pampa, lo que evidencia contaminación biológica puntual en ambos sistemas, posiblemente por fallas en el proceso de cloración o infiltración de aguas residuales. En general, la calidad del agua en ambas comunidades se encontró por debajo de los límites máximos establecidos por la NB 512, exceptuando el parámetro biológico en los puntos mencionados.

Benavides et al. (2023), en los caseríos Los Encuentros, El Anono y El Hervidor, del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, La Paz (El Salvador), realizaron un estudio con el objetivo de caracterizar la calidad del agua subterránea proveniente de pozos para consumo humano, conforme al Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS) 13.02.01:14. Se evaluaron seis pozos, tomando tres muestras de agua por punto, cuyos análisis físico-químicos se efectuaron en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Los resultados mostraron la presencia de metales pesados como plomo (0.01 mg/L), manganeso (0.57 mg/L), arsénico (0.09 mg/L), hierro (0.45 mg/L) y níquel (0.39 mg/L), de los cuales varios superaron los límites máximos permisibles. Asimismo, se detectó contaminación microbiológica significativa,

con valores de coliformes totales (1.00 a 2,419.6 NMP/100 mL), *Escherichia coli* (<1.00 a >2,419.6 NMP/100 mL) y *Pseudomonas aeruginosa* (1.00 a 1,119.9 NMP/100 mL). El agua de los pozos analizados no cumple con los estándares del RTS 13.02.01:14, debido a la presencia de metales pesados y bacterias patógenas, por lo que no se considera apta para el consumo humano sin tratamiento previo.

Vildoza et al. (2020), en el Municipio de Poopó - Bolivia, determinaron el grado de contaminación bacteriológica del agua e identificaron los puntos críticos que requieren intervención prioritaria, considerando tanto los resultados analíticos como las condiciones sanitarias observadas en los puntos de muestreo. Los resultados mostraron que el 82% de las muestras presentaron coliformes totales, mientras que el 48% evidenciaron presencia de coliformes termotolerantes, lo que indica una significativa contaminación de origen fecal. La inspección sanitaria reveló además condiciones inadecuadas en la gestión, manipulación y almacenamiento del agua, lo que representa un riesgo potencial para la salud de la población. Con base en los resultados obtenidos, se estableció una clasificación de prioridad de intervención sanitaria: el 20,5% de las muestras se consideraron de baja prioridad, el 44,6% de prioridad media y el 34,9% de prioridad urgente, reflejando que más de un tercio de los puntos evaluados requieren acciones inmediatas para reducir los riesgos de enfermedades de origen hídrico. En conclusión, la investigación evidenció que la gestión hídrica en el municipio de Poopó demanda la implementación de medidas correctivas efectivas orientadas a la eliminación de la contaminación bacteriana, fortaleciendo los procesos de tratamiento, almacenamiento y monitoreo del agua para garantizar su inocuidad y sostenibilidad sanitaria.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Ñahui (2023), en los centros poblados de Yauli, provincia de Huancavelica, realizó un estudio con el objetivo de evaluar la calidad del agua para consumo humano, tomando como referencia los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, Categoría 1, Subcategoría A. Se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en varios centros poblados,

comparando los resultados con los valores establecidos por la normativa. En Izcumachay y Choca I, el agua fue apta para el consumo, al encontrarse todos los parámetros dentro de los límites permitidos. En Villa Hermosa, los parámetros fisicoquímicos cumplieron con la norma, pero se detectaron coliformes totales (55 NMP/100 mL) y coliformes fecales (3 NMP/100 mL), aunque E. coli fue ausente. En Torreccacca, los valores fueron coliformes totales (60 NMP/100 mL) y coliformes fecales (25 NMP/100 mL), también sin presencia de E. coli. En general, el estudio concluye que, aunque la mayoría de las fuentes cumplen con los parámetros fisicoquímicos, algunas presentan contaminación microbiológica leve, lo que requiere mejorar los procesos de desinfección y control sanitario.

Ccora (2022), en la localidad de Acobamba, evaluó la calidad del agua destinada al consumo humano, con el propósito de determinar su conformidad con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos para agua potable. Para ello, se recolectaron muestras de cinco litros de agua, representativas del total de dotación de 160 litros por segundo, en distintos puntos del sistema de distribución, incluyendo la etapa de captación, tratamiento y suministro domiciliario. Los resultados obtenidos evidenciaron que a partir del punto PM-03, correspondiente al tramo donde el agua recibe tratamiento, los parámetros microbiológicos: Coliformes Totales (0 UFC/100 mL) y Coliformes Termotolerantes (0 UFC/100 mL) se encuentran dentro de los valores establecidos por la normativa sanitaria vigente, lo cual indica una adecuada eficiencia en el proceso de desinfección. En cuanto a los parámetros organolépticos, se observó una turbidez promedio de 0.51 NTU, valor que cumple con los límites permisibles, aunque presenta ligeras variaciones durante la época de precipitaciones, debido al incremento de material suspendido en las fuentes de abastecimiento. Respecto al cloro residual libre, se reportó un valor de 0 mg/L, considerado dentro del rango permitido luego del proceso de cloración, garantizando la potabilidad del agua sin exceder concentraciones que afecten sus características sensoriales. En general, el análisis permitió concluir que los tres parámetros evaluados microbiológicos, organolépticos y de desinfección se encuentran dentro de los rangos establecidos por los LMP..

Anticona (2022), en el Asentamiento Humano Uliachín, ubicado en el distrito de Chaupimarca, provincia y región de Pasco, desarrolló un estudio con el propósito de evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano, en cumplimiento del Decreto Supremo N.° 031-2010-SA, que establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua potable. La investigación comprendió tres monitoreos realizados con frecuencia semanal, en tres puntos de control del sistema de abastecimiento: reservorio (P1), vivienda inicial (P2) y vivienda final (P3), donde se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos representativos del sistema de distribución. Los resultados evidenciaron que los coliformes totales alcanzaron concentraciones de 133 UFC en P1, 6107 UFC en P2 y 90 UFC en P3, valores que superan ampliamente los LMP establecidos por la normativa sanitaria, la cual exige su ausencia en 100 mL de muestra. En conclusión, el estudio determinó que el sistema de abastecimiento del Asentamiento Humano Uliachín no cumple con los LMP establecidos por el D.S. N.° 031-2010-SA, principalmente por la presencia de contaminación microbiológica. Se recomienda, por tanto, fortalecer las medidas de desinfección y control sanitario del sistema de distribución, a fin de garantizar la seguridad y potabilidad del agua suministrada a la población.

1.2.3. A NIVEL LOCAL

Mamani (2022), evaluó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua proveniente de los manantiales Huayllani y Occororo Pujó, con el fin de determinar su aptitud para el consumo humano, en concordancia con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua establecidos en el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM, Categoría 1: agua destinada al consumo humano. El estudio comprendió cuatro puntos de monitoreo y tres campañas de muestreo desarrolladas durante un periodo de tres meses, considerando la variabilidad estacional del recurso hídrico. Los resultados obtenidos mostraron que el pH osciló entre 6.89 y 7.82, indicando una ligera alcalinidad; la temperatura varió entre 5.6 °C y 8.2 °C; la conductividad eléctrica (C.E) entre 233.7 y 782.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$; los sólidos totales disueltos (STD) de 231.3 a 494.0 mg/L; y el oxígeno disuelto (O.D) de 6.2 a 9.0 mg/L, evidenciando condiciones favorables para el

mantenimiento de la calidad del agua. En cuanto a los parámetros químicos, las concentraciones de nitratos (8.5 a 13.1 mg/L), sulfatos (67.9 a 92.1 mg/L), cloruros (46.1 a 113.5 mg/L) y carbonatos (0.00 mg/L) se mantuvieron dentro de los valores aceptables según la normativa. La dureza total (115.1 a 387.1 mg/L) presentó una ligera variación entre los puntos, sin representar riesgo para la salud. Los análisis microbiológicos evidenciaron la ausencia total de *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes (0.0 UFC/100 mL) en todos los puntos de muestreo, lo que indica un buen manejo y protección de las fuentes hídricas. En síntesis, los cuatro puntos evaluados cumplieron con los ECA para agua del D.S. N.° 004-2017-MINAM, clasificándose como aguas aptas para el consumo humano.

Sarmiento (2023), en la zona periférica de la ciudad de Desaguadero, desarrolló una investigación cuyo objetivo fue evaluar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua subterránea proveniente de pozos destinados al consumo humano, en concordancia con los límites establecidos en el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA. Para ello, se tomaron ocho muestras distribuidas estratégicamente en los sectores Norte (pozos 1 y 2), Oeste (3 y 4), Sur (5 y 6) y Este (7 y 8), con el fin de obtener una caracterización representativa del recurso hídrico. Los resultados evidenciaron que los parámetros físicos: temperatura (16.67 °C), turbidez (3.29 NTU) y conductividad eléctrica (832.38 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la normativa vigente. En cambio, los parámetros químicos como la dureza total (764.68 mg CaCO_3/L) y los nitratos (51.93 mg NO_3/L) superaron los valores normativos, lo que sugiere una posible influencia de actividades antrópicas o infiltraciones de origen agrícola. Asimismo, el análisis microbiológico mostró una presencia elevada de coliformes totales (178.75 NMP/100 mL) y coliformes fecales (56.54 NMP/100 mL), superando ampliamente los LMP del D.S. N.° 031-2010-SA. Estos resultados revelan una contaminación bacteriológica significativa, que compromete la calidad sanitaria del agua de los pozos. En conclusión, el estudio determinó que el agua subterránea no es apta para el consumo humano sin un tratamiento previo adecuado.

Apaza (2024), en su estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano proveniente de los pozos excavados en la urbanización Magisterial Taparachi, ubicada en la ciudad de Juliaca, considerando los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Se analizaron cuatro pozos representativos de la zona, con el fin de determinar la variabilidad de las características del agua subterránea. Los resultados mostraron que los parámetros fisicoquímicos presentaron valores promedio de pH = 6.71, conductividad eléctrica (C.E.) = 0.83 $\mu\text{mho/cm}$, sólidos disueltos totales = 0.41 mg/L, nitratos = 0.02 mg NO_3/L , magnesio = 85.28 mg/L, calcio = 166.44 mg/L y cloruros = 85.10 mg/L, observándose mínimas variaciones entre los pozos. En cambio, los parámetros de sulfatos (116.75 mg SO_4/L) y dureza total (662.00 mg CaCO_3/L) mostraron mayor variación, lo que sugiere diferencias en la composición mineral del subsuelo o en los procesos de infiltración del agua. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se registraron concentraciones de coliformes termotolerantes de 33 NMP/100 mL y coliformes totales con un promedio de 242.5 NMP/100 mL, valores que exceden los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA. Estos resultados evidencian la presencia de contaminación bacteriológica, posiblemente originada por filtraciones de aguas residuales domésticas o malas prácticas de saneamiento en la zona urbana. En síntesis, aunque los parámetros fisicoquímicos se mantienen dentro de los valores aceptables, los resultados microbiológicos demuestran que el agua de los pozos de la urbanización Magisterial Taparachi no es apta para el consumo humano sin un tratamiento previo.

Alvarez (2025), El estudio se desarrolló en el sector Sacacani del centro poblado de Hanajquia, perteneciente al distrito de Azángaro, región Puno, con el objetivo de evaluar la calidad del agua potable destinada al consumo humano, de acuerdo con los criterios establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Para el análisis, se evaluaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos representativos de la fuente de abastecimiento del sistema

local de agua potable. Los resultados fisicoquímicos mostraron un pH de 7.5, valor que indica una ligera alcalinidad y estabilidad química del recurso; una conductividad eléctrica de 0.08 mS/cm y temperatura promedio de 16 °C, que se consideran adecuadas para las condiciones altiplánicas de la zona. Asimismo, la dureza total (19 mg CaCO₃/L) y la alcalinidad (22.18 mg/L) reflejan una baja mineralización del agua, lo que la clasifica como blanda. En cuanto a los iones mayoritarios, los cloruros (8.51 mg/L), sulfatos (56 mg/L) y nitratos (0 mg/L) se encuentran muy por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP), al igual que las concentraciones de calcio (2.28 mg/L), magnesio (3.21 mg/L) y sólidos disueltos totales (0.04 mg/L), evidenciando una excelente calidad química del agua. El análisis microbiológico reveló la presencia de coliformes totales (10 NMP/100 mL) y ausencia de coliformes termotolerantes (0 NMP/100 mL), lo que sugiere una leve contaminación ambiental, pero sin implicancia sanitaria significativa. En general, los resultados demuestran que el agua del sector Sacacani cumple con los estándares del D.S. N.º 031-2010-SA, siendo apta para el consumo humano.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025.
- Analizar los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025.
- Comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. AGUA

El agua es una sustancia química esencial para la vida, compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O), es el compuesto más abundante en la superficie terrestre y el componente fundamental de todos los seres vivos (RAE, 2025). Se encuentra en los tres estados de la materia sólido, líquido y gaseoso y participa de manera activa en la mayoría de los procesos físicos, químicos y biológicos del planeta, desde una perspectiva científica, el agua es un disolvente universal, capaz de disolver una amplia gama de sustancias, lo que la convierte en el medio principal para las reacciones químicas biológicas y geológicas. Su estructura molecular, con un ángulo de 104.5° entre los átomos de hidrógeno, le confiere propiedades únicas, como la tensión superficial elevada, el alto calor específico y la capacidad de regular la temperatura del ambiente y de los organismos (Fernández, 2012).

En el ámbito ecológico, el agua es el pilar de los ecosistemas: sustenta la flora y fauna, regula el clima, transporta nutrientes, forma hábitats (ríos, lagos, océanos, humedales) y permite los ciclos naturales como el ciclo hidrológico (evaporación, condensación, precipitación e infiltración). Su presencia determina la distribución de los seres vivos en la Tierra, desde el punto de vista social y económico, el agua es un recurso natural vital para la supervivencia humana y el desarrollo de las actividades productivas: se utiliza para el consumo doméstico, la agricultura, la industria, la generación de energía y el saneamiento. Sin embargo, es también un recurso limitado y vulnerable, sujeto a

contaminación, sobreexplotación y desigual distribución, lo que ha convertido su gestión sostenible en una prioridad mundial (UNICEF, 2023).

En el ámbito cultural y simbólico, el agua ha tenido un papel protagónico en las civilizaciones, representando la pureza, la vida, la renovación y la fertilidad. En muchas tradiciones y religiones, el agua simboliza la conexión entre el ser humano y la naturaleza, siendo un elemento de purificación y equilibrio espiritual. Finalmente, desde el punto de vista jurídico y ambiental contemporáneo, el agua es reconocida como un derecho humano fundamental, indispensable para la salud, la alimentación y la dignidad de las personas, según lo establecido por las Naciones Unidas (ONU, 2010).

2.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

Las características del agua comprende el conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan su naturaleza, comportamiento, calidad y aptitud para distintos usos. Estas características permiten entender cómo el agua interactúa con el medio ambiente, con los seres vivos y con las actividades humanas, siendo fundamentales para su evaluación en estudios ambientales, sanitarios, industriales y científicos (Sanches, 2015).

2.1.2.1 Características físicas

Son aquellas propiedades perceptibles o medibles sin alterar la composición química del agua. Describen su aspecto, comportamiento y condiciones ambientales.

Color: El agua pura es incolora, pero puede adquirir coloraciones por la presencia de sustancias disueltas o en suspensión (materia orgánica, óxidos metálicos, sedimentos, etc.). El color del agua puede indicar contaminación o procesos naturales de mineralización (Ambientum, 2022).

Olor y sabor: El agua ideal no presenta olor ni sabor. La presencia de olores o sabores desagradables suele asociarse a compuestos orgánicos, contaminación microbiológica o presencia de gases disueltos (Ambientum, 2022).

Turbidez: Es la medida de la cantidad de partículas suspendidas que reducen la transparencia del agua. Una alta turbidez puede deberse a sedimentos, microorganismos

o materia coloidal, afectando su calidad para el consumo y su función ecológica (Samboni et al., 2007).

Temperatura: Influye en los procesos químicos y biológicos del agua. Afecta la solubilidad de los gases, la densidad y la actividad de los organismos acuáticos. Los cuerpos de agua naturales presentan variaciones térmicas diarias y estacionales (Samboni et al., 2007)..

Conductividad eléctrica: Representa la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, relacionada con la cantidad de sales disueltas. Cuanto mayor es la conductividad, mayor es la concentración de iones en el agua (Samboni et al., 2007)..

2.1.2.2. Características químicas

Corresponden a la composición y reactividad del agua, determinadas por la presencia de elementos, compuestos disueltos y gases (Solís-Castro et al., 2018).

pH (potencial de hidrógeno): Indica la acidez o alcalinidad del agua. Un pH de 7 es neutro; valores menores indican acidez y mayores, alcalinidad. El pH influye en la solubilidad de metales y en la vida acuática.

Dureza: Mide la concentración de cationes de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). El agua dura puede generar incrustaciones, mientras que el agua blanda puede ser corrosiva.

Alcalinidad: Capacidad del agua para neutralizar ácidos, relacionada con la presencia de carbonatos, bicarbonatos y, en menor medida, hidróxidos.

Oxígeno disuelto (OD): Es esencial para la vida acuática. Su concentración depende de la temperatura, turbulencia y actividad biológica. Valores bajos indican contaminación orgánica o eutrofización.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Mide la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos para descomponer materia orgánica. Es un indicador de contaminación orgánica.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Evalúa la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica presente.

Sólidos disueltos totales (SDT): Representan la suma de todas las sustancias minerales y orgánicas disueltas en el agua, influyendo en su sabor, salinidad y aptitud para consumo o riego.

2.1.2.3. Características biológicas

En términos generales, los parámetros biológicos representan los componentes vivos del ambiente (microorganismos, flora y fauna acuática) y su interacción con los factores físicos y químicos del entorno. A través del análisis de estos parámetros, se puede determinar si un ecosistema se encuentra saludable, alterado o contaminado, y en qué medida los organismos responden a los cambios ambientales (Beltrán & Giraldo, 2011).

- **Microorganismos:** Incluyen bacterias, virus, algas, protozoos y hongos. Algunos son indicadores de contaminación fecal (como *Escherichia coli* o coliformes totales).
- **Plancton:** Conjunto de organismos microscópicos (fitoplancton y zooplancton) que flotan en el agua. Su abundancia y composición reflejan el estado trófico del ecosistema acuático.
- **Macroinvertebrados:** Son bioindicadores del estado ecológico del agua, ya que su presencia o ausencia indica niveles de contaminación o calidad ambiental.

2.1.3. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua se define como la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, causada por la presencia o incorporación de sustancias, energía o microorganismos que modifican su composición natural y afectan negativamente su calidad, su equilibrio ecológico y su aptitud para los diferentes usos humanos, agrícolas, industriales y ecosistémicos. Dicho de otro modo, el agua se considera contaminada cuando su contenido de elementos extraños supera los límites aceptables establecidos por normas de calidad ambiental o sanitarias, impidiendo su uso seguro o provocando daños en la salud humana, en los organismos acuáticos y en el medio ambiente en general (Martinez, 2021).

El agua en su estado natural contiene pequeñas cantidades de sales, gases disueltos y materia orgánica, pero cuando se introducen contaminantes de forma directa o indirecta,

su composición se altera. Estos contaminantes pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, y provenir de fuentes naturales (erosión, descomposición orgánica, erupciones volcánicas) o antrópicas (actividades humanas como la agricultura, la industria, la minería o el vertido doméstico), la contaminación afecta tanto a las aguas superficiales (ríos, lagos, lagunas, embalses, mares) como a las aguas subterráneas, e incluso al agua atmosférica (lluvia ácida) (Miller & Orbock, 2007).

2.1.4 CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua se define como el conjunto de características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas que determinan el estado natural o alterado del agua y su aptitud para un uso determinado, ya sea para el consumo humano, agrícola, industrial, recreativo o la preservación de los ecosistemas acuáticos. En otras palabras, la calidad del agua expresa el grado de pureza o contaminación del recurso hídrico en relación con estándares o criterios técnicos, sanitarios y ambientales (Villena, 2018).

La calidad del agua no es un valor absoluto, sino relativo al uso que se le quiera dar. Por ejemplo, un agua puede ser apta para riego agrícola pero no para consumo humano; o puede ser adecuada para la vida acuática, pero no para uso industrial. Por ello, la evaluación de la calidad del agua implica comparar sus parámetros medidos con los límites máximos permisibles establecidos por organismos nacionales o internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia de Protección Ambiental (EPA) o el Ministerio del Ambiente (MINAM) mediante los Estándares de Calidad Ambiental (ECA - Agua) en Perú (Chávez & Alberto, 2018).

2.1.5. CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

La calidad de agua para consumo humano se define como el conjunto de características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas que determinan si el agua es segura y apta para el consumo directo o indirecto por las personas, sin representar riesgo para la salud ni causar efectos adversos a corto, mediano o largo plazo. Esta calidad se evalúa con base en normas y estándares sanitarios nacionales e internacionales, que establecen los

límites máximos permisibles de contaminantes y parámetros que el agua debe cumplir para considerarse potable (Barrenechea, 2004).

El agua para consumo humano no es únicamente aquella que “parece limpia”, sino aquella que ha sido tratada, controlada y verificada para garantizar su inocuidad sanitaria y su aceptabilidad organoléptica (sin color, olor ni sabor desagradables). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), el agua potable debe estar libre de microorganismos patógenos, sustancias químicas tóxicas y radionúclidos en niveles que puedan afectar la salud humana (Sierra, 2011).

En el contexto peruano, el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA del Ministerio de Salud (MINSA) y las normas del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano establecen los requisitos que debe cumplir el agua destinada a la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal y limpieza del hogar.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua: Es una sustancia compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O), esencial para la vida y presente en los tres estados de la materia. Actúa como disolvente universal y regula los procesos físicos, químicos y biológicos del planeta. Además, constituye un recurso vital para la salud, la economía y el equilibrio ecológico. (UNICEF, 2023; ONU, 2010).

Alcalinidad: Es la capacidad del agua para neutralizar ácidos, determinada por la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Esta propiedad influye en la estabilidad del pH y en la protección frente a la acidez. (Solís-Castro et al., 2018).

Calidad de agua: Se define como el conjunto de características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas que determinan el estado natural o alterado del agua y su aptitud para un uso específico. (Villena, 2018; Chávez & Alberto, 2018).

Calidad de agua para consumo humano: Corresponde al conjunto de características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas que determinan si el agua es segura para la ingesta y el uso doméstico. Debe cumplir normas nacionales e internacionales que garanticen su inocuidad sanitaria. (Barrenechea, 2004; MINSA, 2010).

Características biológicas del agua: Representan los componentes vivos presentes en el agua, como microorganismos, plancton y macroinvertebrados. Estos organismos permiten evaluar el estado ecológico y la posible contaminación de los ecosistemas acuáticos. (Beltrán & Giraldo, 2011).

Características químicas del agua: Están determinadas por la composición y reactividad de los compuestos y elementos disueltos en el agua. Incluyen parámetros como pH, dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, DBO, DQO y sólidos disueltos totales. (Solís-Castro et al., 2018).

Características físicas del agua: Son las propiedades medibles sin alterar su composición, como color, olor, sabor, turbidez, temperatura y conductividad eléctrica. Estas influyen en la apariencia y aceptabilidad del agua para diferentes usos. (Ambientum, 2022; Samboni et al., 2007).

Características del agua: Comprende el conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan la naturaleza, comportamiento y calidad del agua. Estas son fundamentales para evaluar su aptitud en contextos ambientales, sanitarios y científicos. (Sanches, 2015).

Contaminación del agua: Es la alteración de las propiedades naturales del agua por la incorporación de sustancias o microorganismos que afectan su calidad y equilibrio ecológico. Puede tener origen natural o antrópico y genera impactos en la salud y el ambiente. (Martínez, 2021; Miller & Orbock, 2007).

2.3. MARCO NORMATIVO

a) Constitución Política del Perú (1993) La Constitución Política del Perú reconoce en su artículo 7 que toda persona tiene derecho a la protección de su salud, y en el artículo 66 establece que los recursos naturales, entre ellos el agua, son patrimonio de la Nación, siendo el Estado responsable de su aprovechamiento sostenible. Asimismo, el artículo 67 dispone que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales.

- b) **Ley N.° 28611 – Ley General del Ambiente (2005)** Esta ley establece los principios, normas y criterios básicos para asegurar el equilibrio entre el desarrollo económico, la protección ambiental y la salud de las personas. En su artículo 75, dispone que toda persona tiene derecho a acceder a un agua de calidad, y que las autoridades deben garantizar su gestión y control para preservar su pureza y disponibilidad.
- c) **Ley N.° 29338 – Ley de Recursos Hídricos (2009)** Norma que regula la gestión integrada y sostenible del agua como bien público, esencial para la vida y el desarrollo del país. En su artículo 2 se señala que el agua es un recurso natural renovable de dominio público, cuya administración está a cargo del Estado a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Asimismo, promueve el uso racional, equitativo y sostenible del recurso hídrico.
- d) **Decreto Supremo N.° 031-2010-SA Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano:** Emitido por el Ministerio de Salud, este reglamento establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y organolépticos del agua destinada al consumo humano en el territorio nacional. Además, define las obligaciones de los prestadores de servicios de agua potable respecto a la vigilancia, control y tratamiento del recurso hídrico.
- e) **Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM – Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua:** Este decreto establece los valores máximos de concentración de sustancias o elementos que pueden estar presentes en cuerpos de agua superficial o subterránea, con el fin de proteger la salud humana y el ecosistema. Los ECA-Agua constituyen un instrumento de gestión ambiental que orienta las acciones de prevención, control y recuperación de la calidad del agua.
- f) **Norma Técnica Peruana NTP 214.003:1984 – Agua Potable. Requisitos:** Emitida por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), esta norma técnica establece los requisitos mínimos que debe cumplir el agua destinada al consumo humano en cuanto a sus características físicas, químicas y microbiológicas, asegurando que no represente riesgo para la salud de la población.

g) Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2015) La ANA, en su normativa y lineamientos, regula la gestión integrada de los recursos hídricos, estableciendo procedimientos de control, monitoreo y protección de las fuentes de agua superficial y subterránea. Su función incluye la evaluación de la calidad del agua en el marco de la sostenibilidad ambiental y la seguridad hídrica nacional.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, no es apta para consumo humano.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025, son elevados.
- El nivel de concentración de los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025, son elevados.
- Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo se ubica en el distrito de llave, provincia de El Collao, región Puno, en el altiplano andino a una altitud aproximada de 3,835 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son latitud -16.034248 y longitud -69.644281 , y en el sistema UTM se localiza dentro de la zona 19K, cercana a las coordenadas de la ciudad de llave (435,183 Este y 8,219,601 Norte). Esta ubicación corresponde a la meseta del Collao, caracterizada por una topografía predominantemente plana con colinas suaves y suelos de textura arenosa que facilitan la infiltración y absorción de aguas superficiales.



Figura 01: Ubicación de la Comunidad Campesina Cangalli Achatuyo respecto a la ciudad de Ilaye.

Fuente: Google Maps (2025).

El clima es frío y seco, con temperaturas que oscilan entre los 8 °C y 15 °C, y precipitaciones anuales cercanas a los 725 mm, concentradas principalmente en los meses de verano (diciembre a marzo). La vegetación es escasa, predominando pastos naturales que sirven de alimento para la ganadería local. La principal fuente de agua proviene de manantiales y vertientes naturales, que son utilizadas para el consumo humano y actividades agropecuarias, aunque carecen de sistemas de tratamiento adecuados.

Las actividades productivas en la comunidad giran alrededor de la agricultura de subsistencia y la ganadería, destacando la crianza de alpacas y llamas, complementadas con prácticas tradicionales como el abonamiento orgánico, la quema controlada y el cercado de áreas de pastoreo. Sin embargo, la situación ambiental enfrenta presiones derivadas de proyectos externos, como la propuesta de construcción de un relleno sanitario en la zona, que ha generado preocupación entre los comuneros por el posible impacto en los recursos hídricos, especialmente en los manantiales y corrientes superficiales que abastecen a la población.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Consideramos para la presente investigación toda el agua destinada al consumo humano proveniente del sistema de manantial de la Comunidad de Cangalli Achatuyo, considerando su variabilidad espacial (dos brotes).

3.2.2. MUESTRA

Debido a que el manantial de donde se extrae el agua, tiene dos puntos de brote, hemos considerado éstos dos puntos como lugar de muestreo.

Tabla 01: Parámetros y descripción de la ubicación de los puntos de muestreo.

Denominación	Coordenadas UTM
P1	Zona 19K 431873 822850
P2	Zona 19K 431892 8228493

3.3. MÉTODOS Y MATERIALES

3.3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- **Tipo.**

La investigación es de tipo básica con alcance descriptivo, orientada a identificar propiedades e indicadores de la calidad del agua para consumo humano. Se adopta un

enfoque cuantitativo, basado en la recolección y análisis de datos numéricos mediante métodos estadísticos.

- **Diseño.**

El diseño es no experimental, transeccional o transversal, ya que las mediciones de parámetros de campo y las muestras microbiológicas se realizarán en un único momento, sin manipular variables, observando los fenómenos en su ambiente natural

- **Método**

El método de investigación es deductivo.

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

Para evaluar la calidad del agua para consumo humano del manantial de la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo – llave, se empleó una metodología de análisis descriptiva. La toma de muestras se efectuó en los dos brotes identificados del manantial (P1 y P2) en una sola oportunidad, siguiendo estrictamente el protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción del agua para consumo humano, aprobado mediante la Resolución Directoral N.º 160-2015-DIGESA/SA.

Objetivo específico 1: Evaluar los parámetros organolépticos y fisicoquímicos del agua del manantial de Cangalli Achatuyo.

Se ubicó el manantial y sus brotes (P1 y P2) en Google Maps utilizando coordenadas preliminares en grados decimales o UTM. Asimismo, se definió el área de acceso y las rutas hacia los puntos de muestreo.

Antes de la toma de muestras, se purgó la salida de agua durante 2 a 3 minutos, con el fin de seleccionar el agua menos turbia y estabilizar las condiciones del flujo. Posteriormente, se extrajeron muestras representativas en cada brote (P1 y P2), empleando recipientes limpios y adecuados para los análisis fisicoquímicos (aproximadamente 1 L).

Toda la información correspondiente a la ubicación, hora, descripción del punto y condiciones ambientales se registró en la ficha de datos de campo (Anexo 02).

Finalmente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio especializado para su respectivo análisis (Anexo 03).

Objetivo específico 2: Evaluar los parámetros microbiológicos del agua del manantial de Cangalli Achatuyo.

Se ubicó el manantial y sus brotes (P1 y P2) en Google Maps utilizando coordenadas preliminares en grados decimales o UTM. Asimismo, se definió el área de acceso y las rutas hacia los puntos de muestreo.

Se solicitaron frascos estériles de vidrio o PEHD de 500 mL (esterilizados, neutros y con cierre hermético). Los frascos fueron identificados con un código (p. ej., CA-P1-Rep1) y se protegieron con cinta. Durante el muestreo, se dejó un espacio de aire aproximado de 2,5 cm. Las muestras se acondicionaron en cajas térmicas con refrigeración (≈ 4 °C) y se transportaron al laboratorio acreditado en el menor tiempo posible (idealmente menos de 6–8 horas y un máximo de 24 horas), manteniendo la cadena de frío y la cadena de custodia.

En el laboratorio, se determinaron los coliformes totales y coliformes termotolerantes/*Escherichia coli* mediante el método de filtración por membrana u otro método aprobado, registrándose los controles y resultados conforme a las normas de calidad del laboratorio.

Objetivo específico 3: Comparar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA.

Se consolidaron los resultados de laboratorio y de campo en tablas de distribución de frecuencias y bases de datos. El análisis estadístico descriptivo (medias, medianas, desviación estándar y porcentajes) y las representaciones gráficas (histogramas y cuadros comparativos) se emplearon para visualizar adecuadamente los datos. Finalmente, los valores obtenidos se contrastaron con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA, con el propósito de determinar su cumplimiento o la existencia de excedencias respecto a la normativa vigente.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Cuadro de operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDIDA
V.I. Parámetros del agua.	Los parámetros del agua son las variables o de los indicadores físicos, químicos, biológicos y organolépticos que se miden para evaluar su calidad.	Concentración de los parámetros físicos, químicos y fisicoquímicos	Color Turbiedad C.E. pH Sólidos disueltos totales Cloruros Sulfatos Dureza total	UCV escala Pt/Co UNT µmho/cm Valor de pH mg/L mg/L
		Concentración de parámetros microbiológicos	Coliformes totales Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL a 35 °C UFC/100 mL a 35 °C

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDIDA
V.D.	Implica que el agua no represente riesgos para la salud, sea aceptable en sabor, olor y aspecto, y cumpla con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en normas sanitarias, como el D.S. N.° 031-2010-SA en el Perú..	Límites Máximos Permisibles	Cumplimiento	APTO/NO APTO

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el tratamiento y análisis de los datos obtenidos en las muestras de agua recolectadas en los puntos P1 y P2, se empleó un diseño estadístico de tipo descriptivo-comparativo. En primera instancia, se aplicaron estadísticos descriptivos simples valores puntuales de cada parámetro— con el fin de caracterizar el comportamiento fisicoquímico y microbiológico del agua. Los resultados fueron organizados en tablas para facilitar su interpretación y comparación.

Posteriormente, se realizó un análisis comparativo directo entre los valores obtenidos y los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010-SA, con el propósito de evaluar el nivel de cumplimiento normativo. Este procedimiento permitió identificar concordancias o discrepancias entre los parámetros analizados.

De forma complementaria, se efectuó una comparación entre muestras (P1 y P2), considerando la variación espacial del sistema de manantial. Esta comparación se llevó a

cabo mediante observación de diferencias absolutas entre parámetros homólogos, lo que permitió determinar el grado de similitud o variabilidad entre ambos puntos de muestreo.

En conjunto, este diseño estadístico permitió describir, comparar y evaluar la calidad del agua de manera objetiva, proporcionando una base sólida para la verificación de hipótesis y la formulación de conclusiones.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CANGALLI ACHATUYO - ILAVE, 2025

Tabla 03: Concentración de parámetros fisicoquímicos para la muestra P1.

Parámetros Fisicoquímicos	UNIDAD	P1
pH	Valor de pH	7.05
Conductividad eléctrica.	µmho / cm	1020.20
Salinidad	%	0.10
Sólidos disueltos totales.	mg/L	536.87
Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	314.40
Alcalinidad	mg/L	160.14
Cloruros (Cl)	mg Cl/L ¹	69.38
Sulfatos (SO ⁴⁻)	mg SO ₄ /L	55.16
Calcio (Ca ⁺⁺)	mg / L	59.60

Los resultados fisicoquímicos mostrados en la Tabla 03, obtenidos en la muestra P1 permiten describir las características del agua proveniente del primer punto de brote del

manantial. En conjunto, los valores registrados reflejan una composición química estable y propia de aguas subterráneas o de manantial ubicadas en zonas altoandinas.

El pH (7.05) indica que el agua presenta una condición neutra, lo cual favorece la estabilidad de los compuestos disueltos y reduce la probabilidad de procesos corrosivos o de incrustación en sistemas de conducción. La conductividad eléctrica (1020.20 $\mu\text{mho/cm}$) sugiere una mineralización moderada, característica de aguas que han tenido contacto con materiales geológicos ricos en sales y minerales, lo cual también se evidencia en la concentración de sólidos disueltos totales (536.87 mg/L).

La dureza total (314.40 mg CaCO_3/L) ubica al agua dentro de la categoría de "agua dura". Este nivel de dureza suele asociarse a la presencia de carbonatos y sales de calcio y magnesio propios del sustrato geológico. Aunque esta condición no afecta directamente la potabilidad, sí puede influir en el comportamiento del agua dentro de sistemas domésticos y redes de distribución, favoreciendo potencialmente la formación de incrustaciones.

La alcalinidad (160.14 mg/L) indica una capacidad amortiguadora moderada, lo cual permite que el agua mantenga su pH estable frente a la presencia de ácidos o bases. Los valores de cloruros (69.38 mg/L) y sulfatos (55.16 mg/L) se encuentran dentro de rangos compatibles con aguas naturales de origen subterráneo, y no muestran indicios de aportes significativos de contaminación antrópica o procesos de evaporación intensiva.

Finalmente, el calcio (59.60 mg/L) contribuye a la dureza observada y está asociado al contacto del agua con formaciones geológicas carbonatadas, lo cual es común en zonas del altiplano.

En conjunto, los resultados evidencian que la calidad fisicoquímica del agua en el punto P1 es estable y coherente con las condiciones geohidrológicas de un manantial altoandino, sin indicios de alteraciones químicas significativas y con parámetros que reflejan la composición mineral natural del entorno.

Tabla 04: Concentración de parámetros fisicoquímicos para la muestra P2.

Parámetros Fisicoquímicos	UNIDAD	P2
pH	Valor de pH	7.10
Conductividad eléctrica.	µmho / cm	1107.20
Salinidad	%	0.10
Sólidos disueltos totales.	mg / L	582.87
Dureza total	mg Ca CO ₃ / L	346.40
Alcalinidad	mg / L	172.20
Cloruros (Cl ⁻)	mg Cl / L	72.97
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg SO ₄ / L	68.40
Calcio (Ca ⁺⁺)	mg / L	65.44

Los resultados fisicoquímicos de la tabla 04, obtenidos para la muestra P2 describen las características del agua que emerge en el segundo punto del manantial. En general, los valores registrados muestran una composición coherente con aguas subterráneas influenciadas por procesos de disolución mineral propios del entorno geológico.

El pH (7.24) indica una ligera tendencia hacia la neutralidad alcalina, propia de aguas que han estado en contacto prolongado con rocas carbonatadas o terrenos ricos en minerales básicos. Esta condición contribuye a la estabilidad química del agua y a la presencia de una mayor capacidad amortiguadora.

La conductividad eléctrica (995.14 µmho/cm) refleja una mineralización moderada, muy similar a la observada en el punto P1, lo que sugiere que ambas muestras comparten un mismo sistema hidrogeológico o rutas de infiltración. Esta mineralización está asociada a los sólidos disueltos totales (524.17 mg/L), los cuales confirman un nivel de sales

disueltas típico de aguas subterráneas que han circulado a través de formaciones rocosas con distintos grados de solubilidad.

La dureza total (305.27 mg CaCO₃/L) clasifica al agua como “dura”, debido principalmente a la presencia de calcio y magnesio; estos están vinculados al contacto con materiales carbonatados o sedimentarios comunes en zonas altoandinas. La alcalinidad (158.92 mg/L) complementa este comportamiento químico, indicando una capacidad moderada para neutralizar ácidos y mantener estable el pH del agua.

Los niveles de cloruros (64.28 mg/L) y sulfatos (43.12 mg/L) se encuentran en rangos habituales para aguas naturales, sin evidencias de aporte significativo de fuentes externas contaminantes o de procesos de evaporación concentrante. Estos valores sugieren que el agua mantiene un equilibrio iónico propio de un sistema subterráneo relativamente estable.

Finalmente, la concentración de calcio (58.63 mg/L) confirma la influencia geológica en la composición del agua, especialmente en la dureza observada, y coincide con lo que se espera para manantiales desarrollados sobre rocas carbonatadas o sedimentarias.

En conjunto, la caracterización fisicoquímica del punto P2 revela que el agua presenta una composición mineral estable, coherente con el origen subterráneo del manantial y con las condiciones geológicas del área, sin indicios de alteraciones significativas ni de variaciones bruscas en su calidad química.

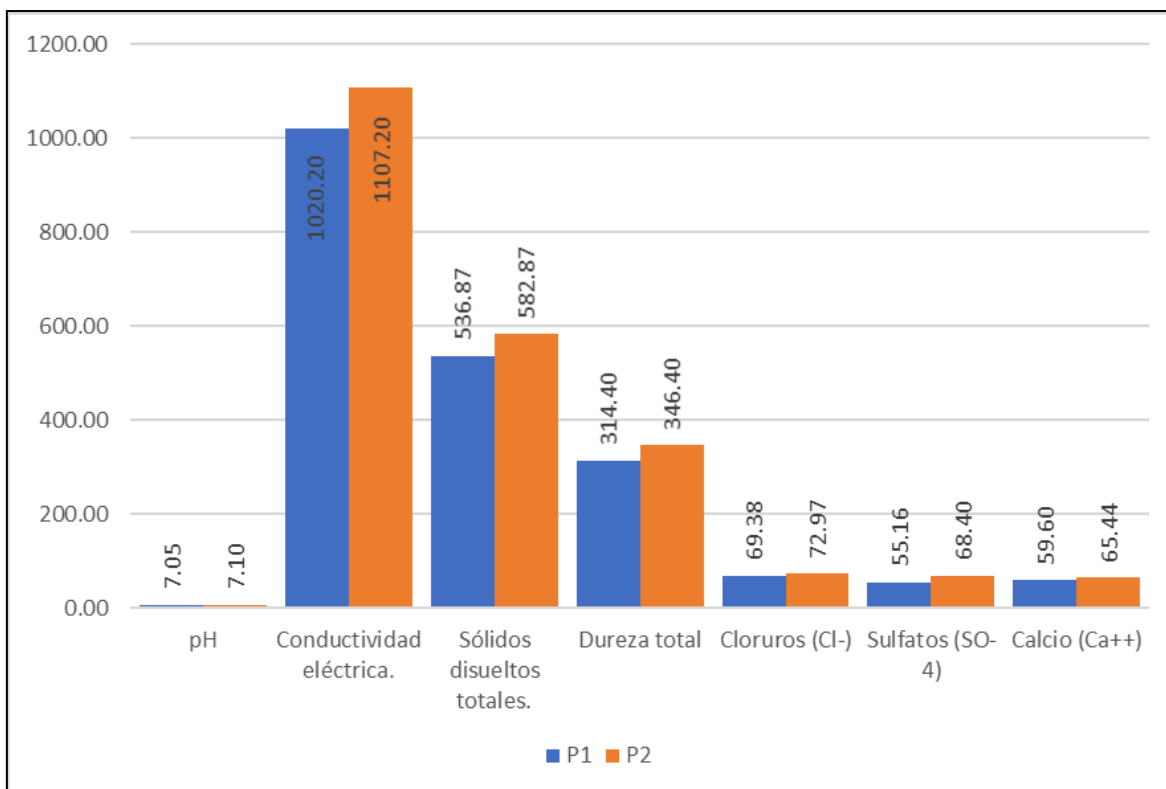


Figura 02: Comparación de las concentración de parámetros fisicoquímicos de las 2 muestras.

La comparación de los parámetros fisicoquímicos mostrados en la figura 02, obtenidos en los puntos de muestreo P1 y P2 permite identificar similitudes y variaciones que ayudan a comprender el comportamiento hidroquímico del manantial y la influencia del entorno geológico sobre la calidad del agua.

En primer lugar, los valores de pH en ambos puntos se encuentran muy próximos (P1: 7.05; P2: 7.24), lo que evidencia una ligera tendencia hacia la neutralidad alcalina en las dos muestras. Esta similitud sugiere que el agua en ambos sitios proviene del mismo sistema subterráneo y que mantienen condiciones químicas estables durante su recorrido. La conductividad eléctrica presenta una leve diferencia entre P1 (1020.20 $\mu\text{mho/cm}$) y P2 (995.14 $\mu\text{mho/cm}$). Aunque ambas reflejan una mineralización moderada, el punto P1 muestra un contenido ligeramente mayor de iones disueltos. Esta diferencia podría deberse a una mayor interacción del agua con materiales geológicos en su trayecto antes de emerger en P1, o a un tiempo de residencia ligeramente mayor en ese

sector del manantial. Los sólidos disueltos totales siguen la misma tendencia, con valores algo superiores en P1 (536.87 mg/L) respecto a P2 (524.17 mg/L). Sin embargo, la variación entre ambos puntos es pequeña, indicando que el grado de mineralización del agua es homogéneo a lo largo del sistema. En cuanto a la dureza total, P2 presenta un valor ligeramente mayor (305.27 mg CaCO₃/L) frente al registrado en P1 (314.40 mg CaCO₃/L). Estas diferencias mínimas refuerzan la idea de que la dureza está controlada por la presencia de calcio y magnesio derivados de la disolución de rocas carbonatadas, proceso que ocurre de manera similar en ambos puntos. Los valores de alcalinidad también se mantienen consistentes entre ambos sitios (P1: 160.14 mg/L; P2: 158.92 mg/L), lo que evidencia una capacidad tampón prácticamente equivalente, asociada principalmente a la presencia de bicarbonatos en el agua. Respecto a los cloruros y sulfatos, las concentraciones registradas presentan variaciones leves, con valores ligeramente superiores en P2 para ambos iones. No obstante, estos cambios no son pronunciados y pueden estar relacionados con pequeñas diferencias en la disolución de minerales o en la dinámica del flujo subterráneo antes de emerger. Finalmente, la concentración de calcio muestra valores muy semejantes en ambos puntos (P1: 59.60 mg/L; P2: 58.63 mg/L). Esto confirma que la principal fuente de este ion es la disolución mineral uniforme dentro del sistema hidrogeológico.

En conjunto, el comportamiento fisicoquímico de P1 y P2 es altamente homogéneo, con variaciones mínimas que indican que ambos puntos forman parte de un mismo sistema hidrogeológico, influenciado por una misma litología y condiciones de recarga. Las pequeñas diferencias observadas pueden deberse a ligeras variaciones en el tiempo de residencia del agua, en el grado de interacción con el material geológico o en la dinámica local del manantial. En términos generales, las características químicas del agua en ambas muestras reflejan un manantial estable y con composición mineral coherente a través de sus distintos puntos de descarga.

4.2. NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CANGALLI ACHATUYO - ILAVE, 2025.

Tabla 05: Concentración de parámetros microbiológicos para la muestra P1.

Parámetros Microbiológicos	UNIDAD	P1
Coliformes totales	NMP/100 ml	26
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	4

De acuerdo a la tabla 05, la muestra P1 presenta 26 NMP/100 mL de coliformes totales y 4 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, lo que evidencia la presencia de contaminación microbiológica en el agua del manantial. Los coliformes totales reflejan aporte de materia orgánica ambiental proveniente de suelos, vegetación o escorrentía superficial. La detección de coliformes termotolerantes indica contaminación de origen fecal, probablemente asociada a actividades ganaderas, tránsito de animales o infiltración de agua contaminada en la zona cercana al brote.

La relación entre coliformes totales y termotolerantes sugiere que existe una mezcla de contaminación ambiental y fecal, lo que muestra que el manantial está expuesto a fuentes de contaminación biológica. En conjunto, los resultados reflejan que el agua de P1 presenta riesgo microbiológico, por lo que su área de protección y las actividades cercanas deben ser evaluadas y controladas.

Tabla 06: Concentración de parámetros microbiológicos para la muestra P2

Parámetros Microbiológicos	UNIDAD	P2
Coliformes totales	NMP/100 ml	26
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	4

De acuerdo a la tabla 06, la muestra P2 presenta 26 NMP/100 mL de coliformes totales y 4 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, valores que evidencian la presencia de contaminación microbiológica en el agua del segundo punto de brote del manantial. La presencia de coliformes totales indica aporte de materia orgánica ambiental procedente de suelos, vegetación o escorrentía superficial.

La detección de coliformes termotolerantes confirma la existencia de contaminación de origen fecal, probablemente asociada a actividades ganaderas o al tránsito de animales en las inmediaciones del manantial. La similitud de valores con la muestra P1 sugiere que ambos puntos están expuestos a condiciones ambientales y fuentes de contaminación microbiológica similares, posiblemente relacionadas con la zona de recarga o el entorno físico inmediato del manantial.

En conjunto, los resultados indican que el agua en P2 presenta riesgo microbiológico, lo cual evidencia la necesidad de implementar medidas de protección en la zona circundante al brote y fortalecer acciones de vigilancia sanitaria para prevenir la entrada de microorganismos patógenos.

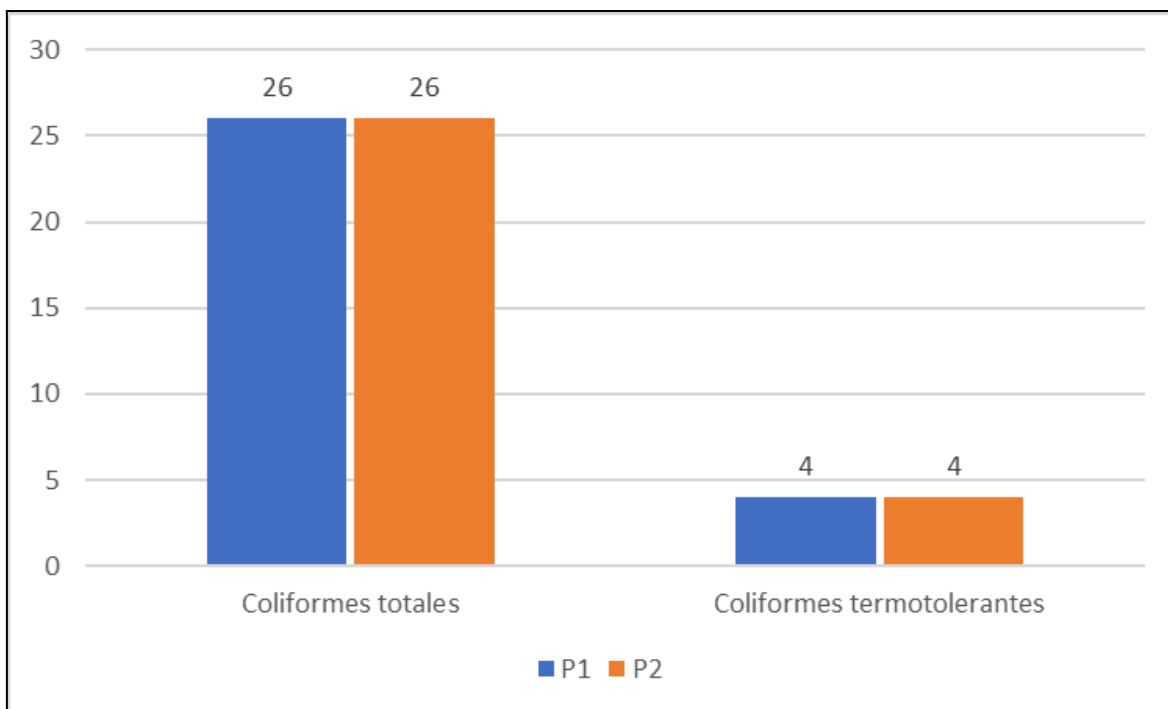


Figura 03: Comparación de las concentración de parámetros microbiológicos de las 2 muestras.

Los resultados microbiológicos obtenidos para los dos puntos de brote del manantial muestran un comportamiento prácticamente equivalente. Tanto en P1 como en P2 se registraron 26 NMP/100 mL de coliformes totales y 4 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, lo que evidencia que ambos puntos presentan un nivel similar de contaminación biológica.

La coincidencia en los valores indica que los dos brotes están influenciados por las mismas condiciones ambientales y por fuentes comparables de contaminación. Esto sugiere que el origen de la carga microbiológica no se debe a un evento puntual o aislado en uno de los puntos, sino que responde a factores comunes dentro del sistema hídrico, como:

- Presencia de materia orgánica en la zona de recarga del manantial,
- Infiltración superficial de agua contaminada,
- Actividades ganaderas o tránsito de animales cerca de ambos brotes,
- Ausencia de protección física del entorno inmediato del manantial.

La presencia simultánea de coliformes totales y termotolerantes en cantidades idénticas en ambos puntos indica que la contaminación es continua y homogénea, reforzando la idea de que el problema se origina en las condiciones ambientales y en el manejo del área que rodea al manantial, más que en procesos internos de cada brote.

En conjunto, la comparación muestra que P1 y P2 poseen un comportamiento microbiológico equivalente, lo cual permite concluir que la vulnerabilidad del manantial frente a la contaminación fecal es generalizada y no específica de un punto, lo que refuerza la necesidad de intervenciones integrales en el área de captación y protección.

4.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ESTABLECIDOS EN EL D.S. 031-2010.

Tabla 07: Comparación de los parámetros de la muestra P1 con los LMP.

Parámetros	P1	LMP	CUMPLIMIENTO
Fisicoquímicos			
pH	7.05	6.5 - 8.5	SI
Conductividad eléctrica.	1020.20	1500	SI
Salinidad	0.10	NC	SI
Sólidos disueltos totales.	536.87	1000	SI
Dureza total	314.40	500	SI
Alcalinidad	160.14	NC	SI
Cloruros (Cl ⁻)	69.38	250	SI
Sulfatos (SO ⁻⁴)	55.16	250	SI
Calcio (Ca ⁺⁺)	59.60	NC	SI
Microbiológicos			
Coliformes totales	26	<1.8	NO
Coliformes termotolerantes	4	<1.8	NO

De acuerdo a la tabla 07, la mayoría de los parámetros fisicoquímicos de la muestra P1 se encuentran dentro de los valores aceptables, lo que indica que el agua mantiene una composición química adecuada y estable. El pH, la conductividad, los sólidos disueltos, la dureza y los iones mayoritarios muestran niveles normales y coherentes con aguas subterráneas o de manantial con mineralización moderada.

Sin embargo, los parámetros microbiológicos coliformes totales y termotolerantes no cumplen con las condiciones esperadas para agua segura, evidenciando contaminación de origen ambiental y fecal. Esto revela que, pese a la buena calidad fisicoquímica, el agua presenta riesgo sanitario, por lo que no es apta para consumo directo sin tratamiento.

En síntesis, el punto P1 muestra buena calidad química pero mala calidad microbiológica, siendo esta última la principal limitante para su uso seguro.

Tabla 08: Comparación de los parámetros de la muestra P2 con los LMP.

Parámetros	P2	LMP	CUMPLIMIENTO
Fisicoquímicos			
pH	7.10	6.5 - 8.5	SI
Conductividad eléctrica.	1107.20	1500	SI
Salinidad	0.10	NC	SI
Sólidos disueltos totales.	582.87	1000	SI
Dureza total	346.40	500	SI
Alcalinidad	172.20	NC	SI
Cloruros (Cl ⁻)	72.97	250	SI
Sulfatos (SO ⁻⁴)	68.40	250	SI
Calcio (Ca ⁺⁺)	65.44	NC	SI
Microbiológicos			
Coliformes totales	26	<1.8	NO
Coliformes termotolerantes	4	<1.8	NO

De acuerdo a la tabla 08, los parámetros fisicoquímicos de la muestra P2 se mantienen dentro de valores adecuados, mostrando una composición química estable y similar a la observada en P1. El pH, la conductividad, los sólidos disueltos, la dureza y los compuestos iónicos se encuentran en rangos normales para aguas de manantial, lo que indica ausencia de alteraciones químicas relevantes.

Por el contrario, los resultados microbiológicos coliformes totales y termotolerantes no cumplen con las condiciones necesarias para garantizar la inocuidad del agua, lo que evidencia contaminación fecal y ambiental en el segundo punto de brote. En síntesis, el punto P2 presenta buena calidad fisicoquímica pero deficiente calidad microbiológica, lo cual limita su uso para consumo humano sin un tratamiento previo de desinfección.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A diferencia de Mamani et al. (2022), donde los parámetros fisicoquímicos mostraron valores bajos de conductividad (27–43 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y alta calidad general, en Cangalli los valores de conductividad y sólidos disueltos son mucho mayores, reflejando mayor mineralización propia del altiplano. Sin embargo, ambos estudios coinciden en que la calidad química no representa un problema relevante. En cuanto a la microbiología, Mamani et al. reportan contaminación puntual con *E. coli* en solo algunos puntos, mientras que en Cangalli la contaminación es constante en ambos brotes, lo que sugiere una vulnerabilidad más estructural del manantial. Esta diferencia muestra que, aun en sistemas aparentemente protegidos, el nivel de exposición a fuentes externas de contaminación puede variar significativamente. En el caso de Benavides et al. (2023), la contradicción es mayor: en El Salvador la principal problemática fue la presencia elevada de metales pesados y contaminación bacteriana extrema, mientras que en Cangalli no aparece evidencia de contaminación por metales, sino una afectación exclusiva de tipo microbiológica. Esto confirma que la contaminación en manantiales altoandinos tiende a ser biológica más que química, en contraste con pozos profundos de otras regiones. Respecto a Vildoza et al. (2020), sus resultados (82% coliformes totales y 48%

termotolerantes) reflejan patrones similares a los de Cangalli, donde ambos puntos presentan contaminación simultánea. Sin embargo, los valores de Cangalli son menores, lo que indica contaminación moderada, pero constante, lo cual coincide con contextos rurales sin protección perimetral del recurso.

En los estudios desarrollados en Huancavelica (Ñahui, 2023), algunos centros presentaron contaminación microbiológica leve, comparable a los valores observados en Cangalli. No obstante, allí la presencia de coliformes se dio solo en ciertos puntos, mientras que en Cangalli afecta a ambos brotes del manantial de manera uniforme, lo que evidencia un problema ubicuo en la zona de recarga. En Acobamba (Ccora, 2022), luego del tratamiento, los parámetros microbiológicos alcanzaron valores de 0, lo que contrasta con Cangalli, donde no existe tratamiento y la contaminación es persistente. La comparación refuerza que los sistemas de tratamiento, incluso simples, pueden eliminar por completo la carga microbiana. El caso de Uliachín (Anticona, 2022) muestra valores extremadamente altos de coliformes (hasta 6107 UFC), muy superiores a los observados en Cangalli. Esto indica que, aunque en Cangalli hay contaminación, no alcanza los niveles críticos reportados en sistemas urbanos deteriorados, sino que responde a una contaminación rural moderada. En los manantiales de Huayllani y Occororo Pujo (Mamani, 2022), se registró ausencia total de microorganismos, lo que contrasta fuertemente con los resultados de Cangalli. Esta contradicción sugiere diferencias importantes en la protección física del manantial, la presencia de actividades ganaderas cercanas o la vulnerabilidad geográfica del punto de captación.

Sarmiento (2023), reporta pozos con altos niveles de dureza y nitratos, problemas que no aparecen en Cangalli. Sin embargo, en ambos casos se detecta contaminación microbiológica significativa, confirmando que este es un problema común en fuentes rurales del altiplano. En la urbanización Magisterial Taparachi (Apaza, 2024), los niveles de coliformes son mucho más elevados que en Cangalli. Esto coloca a Cangalli en una categoría de riesgo moderado, aunque igualmente requiere intervención. Finalmente, en Sacacani Álvarez (2025) reporta agua químicamente excelente y con coliformes totales

bajos (10 NMP/100 mL) y ausencia de termotolerantes, lo que nuevamente difiere de Cangalli, donde la carga microbiana es mayor. Este contraste muestra que no todas las fuentes rurales del altiplano comparten el mismo nivel de riesgo microbiológico, lo que evidencia problemas específicos de protección en Cangalli.

4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.5.1. DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Planteamos las siguientes hipótesis:

H₀: La calidad del agua en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, sí es apta para consumo humano.

H_a: La calidad del agua en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, no es apta para consumo humano.

La evaluación de la calidad del agua se realizó en dos puntos de muestreo. Los resultados fisicoquímicos de P1 y P2 (Tablas 03 y 04) se encuentran en rangos normales, indicando estabilidad en las características químicas del agua. No obstante, los análisis microbiológicos (Tablas 05 y 06) evidencian la presencia de coliformes totales y termotolerantes, lo que refleja contaminación fecal en ambos puntos.

La comparación final (Tablas 07 y 08) muestra que, aunque los parámetros fisicoquímicos cumplen, los microbiológicos no cumplen los valores de referencia, siendo esta la principal limitante para su consumo seguro.

En conclusión, debido a la contaminación microbiológica detectada, se rechaza la H₀ y **se acepta la H_a**, estableciendo que el agua no es apta para consumo humano en su estado actual.

4.5.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H₀: El nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025, no es elevado.

H_a: El nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025, son elevados.

Para verificar esta hipótesis, se analizaron los resultados obtenidos en los puntos de muestreo P1 y P2 (Tablas 03 y 04), considerando parámetros como pH, conductividad eléctrica, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto y sólidos totales disueltos, comparados con los límites establecidos en el D.S. 031-2010-SA. En ambos puntos, los valores registrados se encuentran dentro de los límites permisibles, sin evidenciar incrementos significativos ni concentraciones que superen los rangos normativos. Las Figuras correspondientes muestran variaciones moderadas entre P1 y P2, pero ninguna representa riesgo sanitario ni permite clasificarlas como elevadas.

Por tanto, los datos demuestran que los parámetros fisicoquímicos no presentan niveles elevados, y no comprometen la calidad del agua desde esta perspectiva. En consecuencia, **se acepta la hipótesis nula (H_0)** y se rechaza la hipótesis alterna (H_a).

4.5.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H₀: El nivel de concentración de los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025, no es elevado.

H_a: El nivel de concentración de los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025, son elevados.

Para evaluar esta hipótesis, se analizaron los valores obtenidos en las Tablas 05, 06, 07, donde se incluyen los valores de coliformes totales y coliformes termotolerantes para la muestra P2. Según estos datos, los coliformes totales alcanzan 26 NMP/100 mL, y los coliformes termotolerantes 4 NMP/100 mL, valores que superan los criterios de ausencia exigidos por el D.S. 031-2010-SA. Las Figuras correspondientes muestran claramente que ambos parámetros exceden los límites permitidos, confirmando la presencia de contaminación fecal reciente. Esta tendencia también se relaciona con lo observado en P1 (Tablas 05 y 06), donde ya se evidenciaba contaminación microbiológica, aunque en valores menores.

Debido a que las concentraciones microbiológicas sí son elevadas respecto al estándar sanitario y comprometen la inocuidad del agua para consumo humano, los resultados no

respaldan la hipótesis nula. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis H_0 y se **acepta la hipótesis alterna H_a** .

4.5.4. DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H₀: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025, sí cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010.

H_a: Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - Ilave, 2025, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010.

Para comprobar esta hipótesis, se revisaron los valores presentados en las Tablas 07 y 08, donde se muestra la comparación directa de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los Límites Máximos Permisibles (LMP). En el caso de los parámetros fisicoquímicos, tanto en P1 como en P2, todos los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normativa, evidenciando cumplimiento en pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza total, cloruros, sulfatos, entre otros. Sin embargo, los parámetros microbiológicos muestran una situación diferente: las Tablas 07 y 08 indican que los coliformes totales (26 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (4 NMP/100 mL) no cumplen con el LMP del D.S. 031-2010-SA, que exige su ausencia (<1.8 NMP/100 mL). Las Figuras correspondientes refuerzan este resultado, evidenciando que la calidad microbiológica excede el límite permitido en ambas muestras (P1 y P2).

Debido a que el componente microbiológico no cumple con la normativa, la hipótesis nula no puede sostenerse. Por lo tanto, **se rechaza la hipótesis H_0** y se acepta la hipótesis alterna H_a .

CONCLUSIONES

PRIMERA: La calidad del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025, a partir del análisis integral de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en las muestras P1 y P2, no es apta para el consumo humano. Si bien los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de rangos aceptables, la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes evidencia una contaminación microbiológica significativa, lo cual compromete la inocuidad del agua y su seguridad sanitaria.

SEGUNDA: Los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en las muestras P1 y P2 muestran valores estables y dentro de rangos esperados para aguas ligeramente mineralizadas. Parámetros como pH (7.05 - 7.10), conductividad eléctrica (1020.20 - 1107.20 $\mu\text{mho/cm}$), TDS (536.87 - 582.87 mg/L), dureza total (314.40 - 346.40 mg), cloruros (69.38 - 72.97 mg), sulfatos (55.16 - 68.40 mg) y otros componentes iónicos presentan variaciones mínimas entre ambas muestras, sin evidenciar anomalías o elevaciones significativas.

TERCERA: Los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos del agua evidencia en ambas muestras la presencia de coliformes totales (26 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (4 NMP/100 mL). Estos resultados revelan una contaminación de origen fecal y un riesgo potencial para la salud humana. La similitud de valores en P1 y P2 sugiere una fuente común de contaminación o deficiencias estructurales en el sistema de abastecimiento o manejo del recurso.

CUARTA: La comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos demuestra que todos los parámetros fisicoquímicos cumplen con los Límites Máximos Permisibles

del D.S. 031-2010-SA. Sin embargo, los parámetros microbiológicos no cumplen con la normativa debido a la presencia de coliformes totales y termotolerantes, cuya concentración excede el valor permitido (<1.8 NMP/100 mL). Este incumplimiento microbiológico determina que el agua evaluada no sea apta para consumo humano.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la Dirigencia de la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo se recomienda implementar de manera urgente medidas de desinfección del agua destinada al consumo humano, priorizando el uso de cloración domiciliaria o comunitaria. Además, se sugiere desarrollar campañas informativas sobre riesgos sanitarios asociados al consumo de agua no tratada y promover prácticas seguras de almacenamiento en los hogares.

SEGUNDA: Al Área Técnica Municipal (ATM) de Saneamiento, se recomienda realizar un monitoreo continuo de los parámetros fisicoquímicos del agua, con una frecuencia mínima trimestral, a fin de verificar la estabilidad de parámetros como pH, conductividad, TDS, dureza, cloruros y sulfatos. Asimismo, se sugiere mantener un registro actualizado que permita identificar variaciones estacionales y planificar acciones preventivas.

TERCERA: A la Dirección Regional de Salud (DIRESA - Puno) Se recomienda ejecutar un plan de intervención sanitaria para identificar la fuente de contaminación microbiológica detectada. Esto incluye la evaluación del sistema de captación, almacenamiento y distribución del agua; la identificación de posibles filtraciones o infiltraciones de origen fecal; y la aplicación de medidas correctivas para eliminar la contaminación en el menor plazo posible.

CUARTA: A la Municipalidad Provincial de Ilave se recomienda diseñar e implementar un programa de mejora del sistema de abastecimiento de agua que garantice el cumplimiento de la normativa del D.S. 031-2010-SA. Esto puede incluir la instalación de sistemas de cloración permanente, rehabilitación de redes, protección de fuentes de agua y capacitación a los operadores locales en control de calidad del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Juarez, H. Y. (2025). Calidad del agua para consumo humano en el Centro Poblado de Hanajquia del Distrito y Provincia de Azángaro—Puno, 2024. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1327>
- Ambientum. (2022). *Propiedades físicas y organolépticas*.
https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/propiedades_fisicas_y_organolepticas.asp
- Anticona Palomino, S. E. (2022). Calidad del agua para consumo humano en el sistema de abastecimiento del Asentamiento Humano Uliachin – distrito de Chaupimarca – provincia y región Pasco, de acuerdo al DS.031-2010-SA. – 2022. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2995>
- Apaza Mamani, E. (2024). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano en pozos excavados de la urbanización magisterial del sector Taparachi—Juliaca, 2024. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/941>
- Barrenechea, A. (2004). *Aspectos Físicoquímicos de la Calidad del Agua* (Vol. 1).
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Beltrán, H., & Giraldo, G. (2011). *Detalles de: Determinación de indicadores de contaminación fecal (coliformes fecales)*: Colección Bibliográfica sobre Bogotá Koha.
https://biblioarchivo.bogota.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=219543&shelfbrowse_itemnumber=211537
- Benavides-Serrano, M. E., Choto-Quintanilla, M. D., Pineda-Zaldaña, E. A., Rodríguez-Urrutia, E. A., Ramos-Sosa, R. A., & Arriaza-Alfaro, C. M. (2023). *Caracterización del agua de pozos para consumo humano en tres caseríos del*

- cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador.* <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10263397>
- Ccora Repuello, B. (2022). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la localidad de Acobamba.* <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4728>
- CEPAL. (2024). *La educación para todas y todos no puede esperar: Condiciones habilitantes e inversión para un mejor futuro en América Latina y el Caribe | Comisión Económica para América Latina y el Caribe.* <https://www.cepal.org/es/eventos/la-educacion-todas-todos-puede-esperar-condiciones-habilitantes-inversion-un-mejor-futuro>
- Chávez, V., & Alberto, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304-308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Félez Santafé, M. (2009). *Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos.* <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/6263>
- Fernández, A. (2012). *El agua: Un recurso esencia.* (Vol. 11).
- INEI. (2023). *Instituto Nacional de Estadística e Informática—INEI.* <https://www.gob.pe/inei>
- Mamani Cajia, R. (2022). Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas de los manantiales Huayllani y Occororo Pujo para consumo humano en la Comunidad Añavile Distrito Cabana-San Roman-Puno-2021. *Universidad Privada San Carlos.* <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC S.A.C./236>
- Mamani Sánchez, B., Aguilar Franco, F., Nova Pinedo, M., Daza Kucharsky, A., Mamani Sánchez, B., Aguilar Franco, F., Nova Pinedo, M., & Daza Kucharsky, A. (2022). Diagnóstico de la calidad de agua para consumo humano en las comunidades Carmen Pampa y Chovacollo en Coroico—Bolivia. *Acta Nova*, 10(4), 443-460. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1683-07892022000200443&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Martinez, B. (2021). *La Contaminación ambiental de la Cuenca del río Coata y los desafíos de la mesa de diálogo en Puno*.
<https://muqui.org/noticias/la-contaminacion-ambiental-de-la-cuenca-del-rio-coata-y-los-desafios-de-la-mesa-de-dialogo-en-puno/>
- Miller, J. R., & Orbock, S. M. (2007). *Contaminated river: A geomorphological-geochemical approach to site assessment and remediation*. Springer.
- Ñahui Salvatierra, D. F. (2023). Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica—2023. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13303>
- OMS. (2021). *Agua para consumo humano*.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- ONU. (2010). *A/RES/64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento*. | *Portal Iberoamericano de Sentencias de Derechos Económicos, Sociales, Culturales y Ambientales*. <https://desc.scjn.gob.mx/node/685>
- ONU. (2022). *Agua y Saneamiento. Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- RAE. (2025). *Diccionario de la Lengua Española*. Real Academia Española.
<https://www.rae.es/inicio>
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. C. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019
- Sanches, D. (2015). *TEMA 11: Calidad del Agua y su Control* [Universidad de Castilla - La Mancha].
https://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf

- Sarmiento Mena, N. (2023). Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de pozos para consumo humano de la zona periférica de la ciudad de Desaguadero – Puno 2022. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/647>
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico* (1a ed). Ediciones de la U.
- Solís-Castro, Y., Zúñiga-Zúñiga, L. A., & Mora-Alvarado, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 35.
<https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- UNICEF. (2023). *Agua, saneamiento e higiene (WASH)*. <https://www.unicef.org/es/agua>
- Vildoza, L. H., Peredo Ramírez, Y., & Vargas Elío, F. (2020). Diagnóstico preliminar de la calidad bacteriológica del agua de consumo humano y evaluación de prioridad de medidas correctivas en el municipio de Poopó (Oruro, Bolivia). *Acta Nova*, 9(4), 483-503.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1683-07892020000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304-308.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

ANEXO

Anexo 01: Matriz De Consistencia

TÍTULO: CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CANGALLI ACHATUYO - ILAVE, 2025

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cómo es la calidad del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025?	Evaluar la calidad del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025.	La calidad del agua en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, no es apta para consumo humano	Independiente Parámetros organolépticos y microbiológicos	Parámetros organolépticos. Parámetros microbiológicos	Color Turbiedad conductividad ad eléctrica. pH Sólidos disueltos totales Cloruros Sulfatos Dureza total	TIPO DE INVESTIGACIÓN Básico descriptivo con enfoque cuantitativo DISEÑO No experimental - transversal NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptivo
¿Cuál será el nivel de concentración de los parámetros organolépticos y fisicoquímicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025?	Determinar el nivel de concentración de los parámetros organolépticos y fisicoquímicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025. Analizar el nivel de concentración de los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025.	El nivel de concentración de los parámetros organolépticos y fisicoquímicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025, son elevados. El nivel de concentración de los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025, son elevados.	Dependiente Calidad del agua	LMP	Coliformes totales Coliformes termotolerantes	POBLACIÓN 02 Manantiales de la CC de Cangalli Achatuyo. MUESTRA 02 Litros de agua.
¿Cuál será el nivel de concentración de los parámetros microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025?	Comparar los resultados de los parámetros organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010	Los parámetros organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en la Comunidad Campesina de Cangalli Achatuyo - llave, 2025, son elevados.				
¿Los parámetros organolépticos, fisicoquímicos y						

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
microbiológicos del agua para consumo humano, excederán los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010?.		Cangalli Achatuyo - llave, 2025, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010.				

Anexo 02: Límites Máximos Permisibles del DS N.º 031-2010-SA

**ANEXO I del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano
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 II del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES 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)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ 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: Análisis de laboratorio para la Muestra 1.



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



Nº 000250
ORIGINAL

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA
PROCEDENCIA : OJO DE AGUA EN LA COMUNIDAD CANGALLI ACHATUYO
INTERESADOS : IDEL FRANKLIN MAMANI MAQUERA
MOTIVO : CALIDAD AGUA.
PROYECTO DE TESIS : CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CANGALLI ACHATUYO
ANÁLISIS : FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
FECHA DE MUESTREO : 12/09/2025, por el interesado (*)
FECHA DE RECEP. : 12/09/2025
ANÁLISIS : 12/09/2025
CODIGO DE PAGO : B009 - 000867

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido
COLOR : Cristalino característico.


CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	M-1	METODO DE ANÁLISIS
Potencial de Hidrogeno	pH	7.05	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	1020.20	Conductímetro
Salinidad	%	0.10	Conductímetro
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	536.87	Conductímetro
Dureza Total como CaCO_3	mg/L	314.40	Volumétrico
Alcalinidad como CaCO_3	mg/L	160.14	Volumétrico
Cloruros como Cl^-	mg/L	69.38	Método Mohr
Calcio como Ca^{++}	mg/L	59.60	Volumétrico
Sulfatos como SO_4^{--}	mg/L	55.16	Turbidimétrico
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Totales	NMP/100ml	26	Número más probable
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	4	Número más probable

Puno, C.U. 18 de noviembre del 2025
VºBº


ING. CAROLINA FLORES YUCRA
ANALISTA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA




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

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

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

Escaneado con CamScanner

Anexo 04: Análisis de laboratorio para la Muestra 2.



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



Nº 000251
ORIGINAL

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA
PROCEDENCIA : OJO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE CANGALLI ACHATUYO
INTERESADOS : IDEL FRANKLIN MAMANI MAQUERA
MOTIVO : CALIDAD AGUA.
PROYECTO DE TESIS : CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CANGALLI ACHATUYO
ANÁLISIS : FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
FECHA DE MUESTREO : 12/09/2025, por el interesado (*)
FECHA DE RECEP. : 12/09/2025
ANÁLISIS : 12/09/2025
CODIGO DE PAGO : B009 - 000867


CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido
COLOR : Cristalino característico.

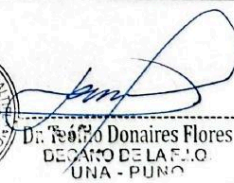
CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	M-2	METODO DE ANÁLISIS
Potencial de Hidrogeno	pH	7.10	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1107.20	Conductímetro
Salinidad	%	0.10	Conductímetro
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	582.87	Conductímetro
Dureza Total como CaCO ₃	mg/L	346.40	Volumétrico
Alcalinidad como CaCO ₃	mg/L	172.20	Volumétrico
Cloruros como Cl ⁻	mg/L	72.97	Método Mohr
Calcio como Ca ⁺⁺	mg/L	65.44	Volumétrico
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	mg/L	68.40	Turbidimétrico
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Totales	NMP/100ml	26	Número más probable
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	4	Número más probable

Puno, C.U. 18 de noviembre del 2025
VºBº


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




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

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

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

Escaneado con CamScanner

Anexo 05: Galería fotográfica.



Figura 04: Vista panorámica del Pozo (Muestra P1)



Figura 05: Extracción de agua de la muestra 01.



Figura 06: Vista panorámica del manantial (Muestra P2)



Figura 07: Extracción de agua para el análisis fisicoquímico de la Muestra P2.



Figura 08: Extracción de agua para el análisis microbiológico de la Muestra P2.



Figura 09: Rotulación de las muestras para llevar al laboratorio para su análisis.



Figura 10: Colocando las muestras en un cooler para su traslado al laboratorio.