

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

CALIDAD DE AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI

DEL DISTRITO DE ILAVE - PUNO, 2026

PRESENTADA POR:

ELOY PEREZ CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



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



2.93%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 23 JUN 2026, 12:36 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL 0.4% ● CHANGED TEXT 2.52%

Report #33929445

ELOY PEREZ CHOQUE // CALIDAD DE AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI DEL DISTRITO DE ILAVE - PUNO, 2026 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave - Puno, durante el año 2026. La muestra estuvo conformada por dos pozos de agua subterránea seleccionados de manera no probabilística e intencional. Los resultados permitieron determinar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos evaluados, registrándose valores de pH de 6.95 y 6.79; conductividad eléctrica de 250 y 270 $\mu\text{mho/cm}$; sólidos disueltos totales de 140 y 130 mg/L; y dureza total de 336 y 338 mg CaCO_3/L para los pozos "P1" y "P2", respectivamente. Asimismo, los análisis microbiológicos reportaron valores de 3 NMP/100 mL para coliformes totales y coliformes termotolerantes en ambos pozos, evidenciando presencia microbiológica mínima en el agua subterránea destinada al consumo humano. Asimismo, se determinó que los parámetros fisicoquímicos evaluados, tales como pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza total, cloruros, sulfatos y nitratos, cumplen con los valores establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Sin embargo, los parámetros microbiológicos correspondientes a coliformes totales y coliformes termotolerantes no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por dicha

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

CALIDAD DE AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI
DEL DISTRITO DE ILAVE - PUNO, 2026

PRESENTADA POR:

ELOY PEREZ CHOQUE


PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:


M.Sc. DENILSON MEDINA SANCHEZ

ASESOR DE TESIS

:


Mg. LUIS ALBERTH ROSSEL BERNEDO

Área: Ingeniería Ambiental

Sub área: Ingeniería ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 30 de junio del 2026.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante.

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio a lo largo de mi formación. Gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A mi familia, por ser mi motivación diaria y por brindarme siempre palabras de aliento.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos y guiarme en este camino académico.

Y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una sólida formación profesional, basada en principios y conocimientos que contribuyen al desarrollo sostenible de mi región y al fortalecimiento de mi vocación como futuro profesional.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por haberme acogido durante mi formación académica, proporcionándome las herramientas necesarias, conocimientos especializados y experiencias que han sido fundamentales para mi crecimiento personal y profesional.

A los miembros del jurado calificador, por su tiempo, disposición y valiosas observaciones, las cuales han permitido enriquecer y fortalecer la calidad de la presente investigación.

A mi asesor, por su constante apoyo, orientación y dedicación a lo largo de este proceso, brindándome sus conocimientos y guía para la correcta elaboración y culminación de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.2. ANTECEDENTES	16
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	16
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	18
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos	22

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	23
2.1.1. RECURSO HÍDRICO Y AGUA PARA CONSUMO HUMANO	23
	3

2.1.2. AGUA SUBTERRÁNEA, SUS CARACTERÍSTICAS Y USOS	24
2.1.3. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA (POZOS)	25
2.1.4. CALIDAD DEL AGUA	27
2.1.5. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA	27
2.1.6. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA	29
2.1.7. CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	30
2.1.8. NORMATIVA DE CALIDAD DEL AGUA	30
2.2. MARCO CONCEPTUAL	31
2.3. MARCO NORMATIVO	33
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	35
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	35
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	35
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	36
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.2.1. POBLACIÓN	38
3.2.2. MUESTRA	38
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	39
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
3.3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	42
3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	42

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIONES DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI, DISTRITO DE ILAVE - PUNO, EN EL AÑO 2026.	44
4.1.1. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES ENTRE LOS POZOS P1 y P2.	48
4.2. CUMPLIMIENTO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI EN RELACIÓN CON LO ESTABLECIDO EN EL DECRETO SUPREMO N.º 031-2010-SA.	51
4.2.1. CUMPLIMIENTO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI	51
4.2.2. CUMPLIMIENTO DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI.	59
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	63
4.4.1 DE LA HIPÓTESIS GENERAL	63
4.4.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	64
4.4.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	65
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Ubicación geográfica de los pozos.	39
Tabla 02: Operacionalización de variables.	42
Tabla 03: Concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del pozo "P1".	44
Tabla 04: Concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del pozo "P2".	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ciclo integral del agua.	24
Figura 02: Tipos de pozos.	26
Figura 03: Ubicación de la comunidad Choque Jachuni en el distrito de llave de la Provincia de El Collao.	37
Figura 04: Verificación del cumplimiento del parámetro: pH con los LMP.	51
Figura 05: Verificación del cumplimiento del parámetro: Conductividad eléctrica, con los LMP.	52
Figura 06: Verificación del cumplimiento del parámetro: Sólidos disueltos totales, con los LMP.	53
Figura 07: Verificación del cumplimiento del parámetro: Dureza total, con los LMP.	54
Figura 08: Verificación del cumplimiento del parámetro: Cloruros, con los LMP.	55
Figura 09: Verificación del cumplimiento del parámetro: Sulfatos, con los LMP.	56
Figura 10: Verificación del cumplimiento del parámetro: Nitratos, con los LMP.	58
Figura 11: Verificación del cumplimiento del parámetro: Coliformes totales, con los LMP.	59
Figura 12: Verificación del cumplimiento del parámetro: Coliformes termotolerantes, con los LMP.	60
Figura 13: Vista panorámica del pozo P1.	81
Figura 14: Extrayendo agua del pozo P1	81
Figura 15: Llenando los frascos para las muestras fisicoquímicas y microbiológicas del pozo P1.	82
Figura 16. Rotulado de las muestras del pozo P1.	82
Figura 17: Almacenamiento de las muestras del pozo P1, en el cooler.	83
Figura 18: Vista panorámica del pozo P2	83
Figura 19: Extrayendo agua del pozo P2	84

Figura 20: Llenando los frascos para las muestras fisicoquímicas y microbiológicas del pozo P2.	84
Figura 21: Rotulado de las muestras del pozo P2.	85
Figura 22:. Almacenamiento de las muestras del pozo P2, en el cooler.	85

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación.	75
Anexo 02: Límites Máximo Permisible conforme al DS 031-2010-SA.	76
Anexo 03: Resultados del análisis de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos.	78
Anexo 04: Resultados del análisis de laboratorio de los parámetros microbiológicos.	80
Anexo 05: Galería fotográfica.	81

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de llave - Puno, durante el año 2026. La muestra estuvo conformada por dos pozos de agua subterránea seleccionados de manera no probabilística e intencional. Los resultados permitieron determinar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos evaluados, registrándose valores de pH de 6.95 y 6.79; conductividad eléctrica de 250 y 270 $\mu\text{mho/cm}$; sólidos disueltos totales de 140 y 130 mg/L ; y dureza total de 336 y 338 $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ para los pozos "P1" y "P2", respectivamente. Asimismo, los análisis microbiológicos reportaron valores de 3 NMP/100 mL para coliformes totales y coliformes termotolerantes en ambos pozos, evidenciando presencia microbiológica mínima en el agua subterránea destinada al consumo humano. Asimismo, se determinó que los parámetros fisicoquímicos evaluados, tales como pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza total, cloruros, sulfatos y nitratos, cumplen con los valores establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Sin embargo, los parámetros microbiológicos correspondientes a coliformes totales y coliformes termotolerantes no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por dicha normativa, debido a la presencia de microorganismos indicadores de contaminación biológica en ambos pozos evaluados. Se concluye que, si bien los parámetros fisicoquímicos presentan características relativamente homogéneas y valores moderados de mineralización propios de aguas subterráneas, los análisis microbiológicos evidenciaron la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en ambos pozos. En consecuencia, el agua no cumple con los parámetros microbiológicos establecidos en la normativa vigente, por lo que no es apta para el consumo humano directo.

Palabras clave: Agua subterránea, Calidad del agua, Microbiológicos, Parámetros fisicoquímicos, Pozos.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the water quality of wells in the community of Choque Jachuni, Ilave district, Puno, during the year 2026. The sample consisted of two groundwater wells selected using a non-probabilistic and purposive sampling method. The results allowed for the determination of the concentrations of physicochemical and microbiological parameters in the water of the evaluated wells, recording pH values of 6.95 and 6.79; electrical conductivity of 250 and 270 $\mu\text{mho/cm}$; total dissolved solids of 140 and 130 mg/L; and total hardness of 336 and 338 mg CaCO_3/L for wells "P1" and "P2", respectively. Furthermore, microbiological analyses reported values of 3 MPN/100 mL for total coliforms and thermotolerant coliforms in both wells, indicating minimal microbiological presence in the groundwater intended for human consumption. It was also determined that the physicochemical parameters evaluated, such as pH, electrical conductivity, total dissolved solids, total hardness, chlorides, sulfates, and nitrates, comply with the values established in Supreme Decree No. 031-2010-SA. However, the microbiological parameters corresponding to total coliforms and thermotolerant coliforms do not meet the maximum permissible limits established by said regulations, due to the presence of microorganisms indicative of biological contamination in both wells evaluated. It is concluded that, although the physicochemical parameters present relatively homogeneous characteristics and moderate mineralization values typical of groundwater, the microbiological analyses revealed the presence of total coliforms and thermotolerant coliforms in both wells. Consequently, the water does not meet the microbiological parameters established in current regulations, and is therefore unsuitable for direct human consumption.

Keywords: Groundwater, Water quality, Microbiological, Physicochemical parameters, Wells.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable de calidad constituye un elemento fundamental para la salud humana, el bienestar social y el desarrollo sostenible de las comunidades (Gardella, 2022). En zonas rurales, donde el abastecimiento de agua depende principalmente de fuentes subterráneas como pozos, resulta indispensable evaluar su calidad a fin de garantizar su aptitud para el consumo humano (ONU, 2021). En este contexto, la presente investigación tiene como propósito determinar la calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, ubicada en el distrito de llave - Puno, durante el año 2026.

La investigación permitirá generar información confiable sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del recurso hídrico, constituyéndose en una herramienta fundamental para la toma de decisiones por parte de las autoridades locales, organizaciones comunales y entidades de salud. Los resultados obtenidos servirán de base para la implementación de medidas correctivas, tales como el tratamiento del agua, la desinfección de pozos y la mejora de las condiciones sanitarias. Asimismo, el estudio facilitará la verificación del cumplimiento de los parámetros establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, contribuyendo a identificar posibles riesgos y a proponer acciones orientadas a garantizar el acceso a agua segura para consumo humano. De esta manera, la investigación no solo tendrá un valor diagnóstico, sino también una aplicación directa en la gestión del recurso hídrico en la comunidad.

Desde el punto de vista social, la investigación adquiere gran relevancia, debido a que el acceso a agua de calidad está estrechamente vinculado con la salud y la calidad de vida de la población. En comunidades rurales como Choque Jachuni, la posible presencia de contaminantes en el agua representa un riesgo significativo, especialmente para los grupos más vulnerables, como niños, adultos mayores y personas con sistemas inmunológicos comprometidos. La identificación de la calidad del agua permitirá prevenir enfermedades de origen hídrico, tales como infecciones gastrointestinales y parasitosis, además de promover una mayor conciencia sobre la importancia del manejo adecuado

del agua y las prácticas de higiene. En este sentido, la investigación contribuye al fortalecimiento de la salud pública y al cumplimiento del derecho fundamental al acceso a agua potable segura.

En el ámbito ambiental, el estudio resulta importante porque permite evaluar el estado de conservación de las fuentes de agua subterránea utilizadas por la comunidad. Los pozos pueden verse afectados por diversos factores, como la infiltración de aguas residuales, el uso inadecuado de fertilizantes y la disposición incorrecta de residuos sólidos, lo que ocasiona la degradación de la calidad del agua. En consecuencia, la investigación contribuirá a identificar posibles fuentes de contaminación y a generar información que permita implementar estrategias de protección y manejo sostenible del recurso hídrico. Asimismo, promoverá la conservación del entorno natural y el uso responsable de los recursos, asegurando la disponibilidad de agua de calidad para las generaciones presentes y futuras.

El desarrollo del presente documento se ha estructurado en los siguientes capítulos: En el Capítulo I, se expone el problema de investigación, sustentado en información relevante, así como los antecedentes a nivel internacional, nacional y local, culminando con la formulación de los objetivos del estudio. En el Capítulo II, se desarrollan los fundamentos teóricos y conceptuales que sustentan la investigación, incluyendo la normativa nacional vigente, finalizando con la formulación de las hipótesis. En el Capítulo III, se describe la metodología empleada, la zona de estudio, la población y muestra, así como los procedimientos y el análisis estadístico aplicado. En el Capítulo IV, se presentan, analizan e interpretan los resultados obtenidos; finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, en función de los hallazgos alcanzados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso al agua potable de calidad es un derecho fundamental y un elemento esencial para la salud humana y el desarrollo sostenible. A nivel mundial, organismos como la Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas han advertido que millones de personas aún consumen agua contaminada (ONU, 2022). Se estima que más de 2 mil millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, lo que incrementa el riesgo de enfermedades de origen hídrico como diarreas, cólera y parasitosis. La contaminación del agua subterránea, especialmente en zonas rurales, se ha convertido en un problema creciente debido a factores como la falta de tratamiento, la inadecuada disposición de residuos sólidos y líquidos, y la ausencia de sistemas de monitoreo continuo (Gardella, 2022). En este contexto, la evaluación de la calidad del agua de fuentes como los pozos resulta fundamental para garantizar su inocuidad y proteger la salud de las poblaciones.

En América Latina, el acceso al agua potable ha mejorado en las últimas décadas; sin embargo, persisten importantes brechas en zonas rurales y comunidades altoandinas. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, una proporción significativa de la población rural consume agua sin tratamiento adecuado, lo que genera riesgos sanitarios (CEPAL, 2026). En muchos países de la región, el uso de pozos como fuente de abastecimiento es común, pero estos no siempre cuentan con sistemas de protección ni monitoreo de calidad. La contaminación microbiológica, principalmente por

coliformes fecales y *Escherichia coli*, es frecuente, lo que evidencia la presencia de contaminación por materia fecal (Economist Impact, 2025). Asimismo, factores como actividades agropecuarias, infiltración de aguas residuales y condiciones geográficas contribuyen al deterioro de la calidad del agua subterránea.

En Perú, el acceso al agua potable presenta marcadas diferencias entre áreas urbanas y rurales. En muchas comunidades rurales, la población depende de fuentes como manantiales y pozos, las cuales no siempre reciben tratamiento adecuado ni control sanitario permanente (Gamboa, 2023). El Estado peruano, a través del Ministerio de Salud del Perú, establece el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, el cual define los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua para ser considerada apta para el consumo humano (SUNASS, 2023). No obstante, en muchas zonas rurales del país, el cumplimiento de esta normativa es limitado debido a la falta de monitoreo continuo, infraestructura adecuada y gestión eficiente del recurso hídrico, lo que expone a la población a consumir agua de calidad no segura.

En la región de Puno, específicamente en el distrito de llave, diversas comunidades rurales como Choque Jachuni dependen de pozos como principal fuente de abastecimiento de agua para consumo humano y actividades domésticas. Estas fuentes de agua, al no contar con sistemas adecuados de tratamiento ni vigilancia sanitaria constante, pueden estar expuestas a contaminación microbiológica y fisicoquímica. Factores como la cercanía de letrinas, la presencia de animales, la infiltración de aguas residuales y las actividades agropecuarias representan riesgos potenciales que pueden afectar la calidad del agua (Info región, 2025). A pesar de la importancia de garantizar agua segura conforme a lo establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, existe escasa información actualizada sobre la calidad del agua de los pozos en la comunidad de Choque Jachuni. Esta situación limita la implementación de medidas correctivas y preventivas que aseguren la salud de la población.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de llave- Puno, en el año 2026?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de llave - Puno, en el año 2026?
- ¿El agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni cumple con los parámetros establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para consumo humano?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Mamani et al. (2022), evaluaron la calidad del agua destinada al consumo humano en las localidades de Carmen Pampa y Chovacollo, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. La población estuvo conformada por el recurso hídrico utilizado por los habitantes de ambas comunidades, mientras que la muestra incluyó seis puntos del sistema de abastecimiento (toma, tanque y grifo). En cuanto a los resultados, se identificó que el pH osciló entre 6.78 y 7.57, la conductividad eléctrica se encontró entre 27.5 y 28.27 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con una variación en el tanque de Chovacollo de 43.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el oxígeno disuelto presentó valores entre 98.7% y 104.3%, y la turbidez fluctuó entre 0.14 y 1.81 NTU. Respecto al análisis microbiológico, la presencia de *Escherichia coli* fue nula en 4 de los 6 puntos evaluados, sin embargo, se registraron valores de 28 UFC en el tanque de Chovacollo y 14 UFC en la toma de Carmen Pampa. En términos generales, los parámetros analizados se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la normativa NB-512, salvo en un punto donde se evidenció contaminación microbiológica.

Choque y Quispe (2023), analizaron la calidad del agua subterránea de diversos pozos ubicados en el Distrito Central del municipio de Vinto, contrastando los resultados obtenidos con la norma NB 512. En relación con los resultados, se determinó que el pH presentó valores entre 6.07 y 7.93, dentro de los rangos permisibles. La turbidez alcanzó

un valor de 18 NTU en el pozo OTB, superando el límite establecido. La conductividad eléctrica osciló entre 235,00 y 588,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que los sólidos disueltos totales registraron un máximo de 389 mg/L, ambos dentro de los valores aceptables. En cuanto a los coliformes totales, se evidenció la presencia de 3 UFC/100 ml en el primer pozo del Cercado, excediendo el límite permitido. Asimismo, la alcalinidad varió entre 46,55 y 142,50 mg/L, el calcio entre 20,84 y 44,89 mg/L, y los cloruros alcanzaron un máximo de 47,00 mg/L, todos dentro de los parámetros normativos. Sin embargo, el color superó los valores establecidos en varios puntos, con registros de 31, 51 y 39 unidades Pt-Co. La dureza se encontró entre 82.00 y 212.00 mg/L, dentro de los límites permitidos, el hierro total superó el valor máximo de 0,30 mg/L en casi todos los pozos, excepto en Campos Verdes con 0,04 mg/L, el manganeso excedió el límite de 0,10 mg/L en la mayoría de los casos, presentando un valor inferior a 0.02 mg/L únicamente en Campos Verdes. El nitrógeno amoniacal alcanzó 1.05 mg/L en el segundo pozo, superando el valor permitido. Finalmente, el sodio y los sulfatos registraron valores máximos de 65,30 mg/L y 108,19 mg/L, respectivamente, manteniéndose dentro de los estándares de calidad.

Raheja et al. (2024), analizaron la aptitud del agua subterránea para el consumo humano, así como estimar los riesgos no cancerígenos en la salud de diferentes grupos poblacionales, incluyendo niños, mujeres y hombres. La población estuvo conformada por los habitantes de la zona de estudio, la muestra estuvo constituida por 47 muestras de agua subterránea. Se evidenció que la concentración de nitratos osciló entre 15 y 85 mg/L, observándose que el 48,93% de las muestras superó el límite permitido de 45 mg/L establecido por la normativa correspondiente. Asimismo, mediante el análisis estadístico se identificaron 5 componentes principales, los cuales presentaron valores superiores a 1 y explicaron una varianza acumulada de 77,36%. Respecto a la evaluación del riesgo, los valores de riesgo no cancerígeno en la población general fluctuaron entre 0,628 y 3,559. Específicamente, en los niños los valores oscilaron entre 0,427 y 2,421, en mujeres entre 0,362 y 2,049, evidenciando que este grupo es más vulnerable. Además, se determinó

que aproximadamente el 80% de la población del área de estudio se encuentra expuesta a niveles elevados de riesgo para la salud, siendo los niños el grupo más susceptible.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Ñahui (2023), determinó la calidad del agua destinada al consumo humano en diversos centros poblados del distrito de Yauli, en Huancavelica, mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos conforme a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (DS N.º 004-2017-MINAM). La muestra comprendió los centros poblados de Izcumachay, Villa Hermoza, Torreccacca y Choca I. Se evidenció que en Izcumachay los parámetros analizados se encontraron dentro de los límites permisibles, indicando que el agua es apta para el consumo humano. De manera similar, en Choca I se registraron condiciones adecuadas tanto en los aspectos fisicoquímicos como microbiológicos. Sin embargo, en Villa Hermoza, si bien los parámetros fisicoquímicos cumplieron con la normativa, se observaron alteraciones en los indicadores microbiológicos, con valores de coliformes totales de 55 (superando el límite de 50) y coliformes fecales de 30 (igualando el valor máximo permitido), aunque *Escherichia coli* se mantuvo dentro de los niveles aceptables. Por otro lado, en el centro poblado de Torreccacca también se identificaron incumplimientos en los parámetros microbiológicos, registrándose coliformes totales de 60 (por encima del límite de 50) y coliformes fecales de 25 (superando el máximo de 20), mientras que *E. coli* permaneció dentro de los valores permisibles.

Leon (2024), evaluó la calidad del agua subterránea destinada al consumo humano en el centro poblado de Barraza, ubicado en el distrito de Laredo, provincia de Trujillo, mediante la aplicación de análisis microbiológicos y parasitológicos. La población estuvo conformada por las fuentes de agua subterránea utilizadas por los habitantes de la zona, mientras que la muestra incluyó agua proveniente de los pozos 1, 2 y 3 seleccionados para el monitoreo. En cuanto a los resultados, se evidenció una elevada carga microbiológica, registrándose valores de coliformes totales de 920, 220 y 950 NMP/100 ml, lo que indica una significativa contaminación. Asimismo, los coliformes fecales

presentaron valores de 7,8; <1,8 y 9,20 NMP/100 ml, mientras que *Escherichia coli* mostró concentraciones de <1,8; <1,8 y 9,20 NMP/100 ml. Por su parte, las bacterias heterotróficas alcanzaron niveles de 160, 130 y 830 UFC/ml. En conjunto, estos resultados evidencian que el recurso hídrico analizado no cumple con las condiciones necesarias para su consumo, determinándose que el agua no es apta para uso humano, por lo que se sugiere la implementación de tratamientos como la cloración y el uso de sistemas de purificación, como la ósmosis inversa.

Olaya (2024), analizó la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua subterránea en la provincia de Sullana. La población estuvo conformada por las fuentes de agua subterránea de dicha provincia, mientras que la muestra incluyó 10 pozos seleccionados para su evaluación. En relación con los resultados, se determinó que el pH presentó valores entre 6.43 y 7.68, la conductividad eléctrica osciló entre 623 y 3730 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y el oxígeno disuelto varió de 0.52 a 2.17 mg/l. Asimismo, la turbidez se encontró en un rango de 0.03 a 3.29 UNT, mientras que los sólidos disueltos registraron valores entre 211 y 869 mg/l. La alcalinidad fluctuó entre 170 y 830 mg/l, la dureza entre 330 y 2666 mg/l, y los cloruros entre 39.98 y 1499 mg/l. En cuanto al análisis microbiológico, los coliformes totales se situaron entre 0.36 y 160 NMP/100 ml, evidenciando variabilidad en la calidad del recurso. Por otro lado, el análisis estadístico ANOVA mostró una significancia de 0.00, siendo menor al valor crítico de 0.05, lo que indica la existencia de diferencias significativas en las características evaluadas. En conjunto, los resultados evidencian que la calidad del agua subterránea está influenciada por la profundidad de los pozos, clasificándose en la categoría A3 según los Estándares de Calidad Ambiental, con un cumplimiento relativo de los límites máximos permisibles para consumo humano.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Ccapa (2024), determinó la calidad del agua destinada al consumo humano en el sector Tunuhiri Grande, ubicado en el centro poblado de Ichu, en la región Puno durante el año 2023. La población estuvo constituida por el recurso hídrico distribuido para los habitantes de dicha zona, mientras que la muestra comprendió 05 puntos estratégicos de la red de

abastecimiento. En cuanto a los resultados, se evidenció que los parámetros fisicoquímicos presentaron valores dentro de rangos aceptables, registrándose una turbidez entre 0.0012 y 0.0015 UNT, un color entre 11 y 14 UCV (escala Pt/Co) y un pH que osciló entre 6.5 y 7.26. No obstante, el cloro residual mostró valores de 0 mg/L en todas las muestras, incumpliendo los límites establecidos. Por otro lado, en el análisis microbiológico se identificó la presencia de contaminación, con coliformes totales entre 7.2 y 290 NMP/100 ml y coliformes termotolerantes entre 3.6 y 93 NMP/100 ml, siendo el punto PM-5 el de mayor concentración y PM-4 el de menor. Estos valores superan ampliamente los límites permisibles establecidos en la normativa vigente.

Paccari (2025), determinó la aptitud del agua subterránea para consumo humano en el sector Chanchuyo, perteneciente al centro poblado de Pucarlaya, en el distrito de Puno. La población estuvo conformada por el recurso hídrico utilizado por los habitantes de la zona, mientras que la muestra estuvo constituida por 03 pozos de abastecimiento, evaluados conforme al Protocolo Nacional de Calidad de los Recursos Hídricos. En cuanto a los resultados, se observó que los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites permisibles, registrando valores promedio de pH de 6.86, temperatura de 15 °C, conductividad eléctrica de 75.30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dureza total de 357.84 mg/L, alcalinidad de 203.04 mg/L, cloruros de 128.96 mg/L, calcio de 94.45 mg/L, sulfatos de 47.42 mg/L, sólidos disueltos totales de 37.63 mg/L, salinidad de 0.03% y turbidez de 0.10 NTU. No obstante, en el análisis microbiológico se evidenció el incumplimiento de los límites establecidos, con valores promedio de coliformes totales y coliformes fecales de <1 UFC/100 ml, lo cual indica la presencia de contaminación según la normativa vigente. En consecuencia, se concluye que, a pesar de que los parámetros fisicoquímicos cumplen con los estándares, el agua no es apta para el consumo humano debido a la afectación en su calidad microbiológica.

Jamachi (2025), determinó la calidad del agua proveniente de pozos artesianos para consumo humano en la comunidad de Ccollpaccota, distrito de Chucuito, considerando los LMP establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA. La población estuvo conformada por el

recurso hídrico subterráneo utilizado por los pobladores de la zona, mientras que la muestra correspondió a agua extraída de pozos artesianos analizados en laboratorio. En cuanto a los resultados, se observó que los parámetros físicos presentaron valores de temperatura de 16.3 °C y una turbidez de 5.19 NTU, esta última ligeramente superior a los límites permitidos. La conductividad eléctrica alcanzó 929 $\mu\text{S}/\text{cm}$, manteniéndose dentro de los estándares. Respecto a los parámetros químicos, se registraron valores de pH de 8.21, cloruros de 140.32 mg/L, sulfatos de 75.88 mg/L, sodio de 23.0 mg/L, dureza total de 27.55 mg CaCO_3/L y nitratos de 38.44 mg/L, todos dentro de los rangos permisibles. Sin embargo, en el análisis microbiológico se evidenció la presencia de coliformes totales en un rango de 3 a 7 NMP/100 ml, superando el límite permitido de <1.8 NMP/100 ml, mientras que los coliformes termotolerantes presentaron valores de <1 NMP/100 ml, dentro de los estándares. En consecuencia, se concluye que el agua no es apta para el consumo directo, requiriendo un tratamiento previo de desinfección para garantizar su seguridad sanitaria.

Choque (2025), evaluó la calidad del agua subterránea destinada al consumo humano en el centro poblado de Chacocollo, distrito de Kelluyo, durante el año 2025. La población estuvo conformada por las fuentes de agua subterránea utilizadas por los habitantes de la zona, mientras que la muestra estuvo integrada por 03 pozos evaluados siguiendo los protocolos establecidos por la normativa ambiental vigente. En relación con los resultados, se observó que los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites permisibles, registrándose valores de pH de 6,55; 6,59 y 6,75, una temperatura constante de 15 °C, dureza entre 300.00 y 382.00 mg/L, alcalinidad de 197.40 a 234.00 mg/L, cloruros de 65.97 a 89.97 mg/L, sulfatos entre 105.20 y 121.20 mg/L, y sólidos disueltos totales de 201.40 a 264.30 mg/L. Sin embargo, en el análisis microbiológico se evidenció la presencia de coliformes totales con valores de 0.30 NMP/100 ml en los pozos 1 y 2, así como coliformes termotolerantes con un promedio de 0.10 NMP/100 ml, superando los límites permisibles establecidos en la normativa. En consecuencia, a pesar

de que los parámetros fisicoquímicos cumplen con los estándares, la calidad del agua no es adecuada para el consumo humano debido a la contaminación microbiológica.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de llave - Puno, en el año 2026.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de llave - Puno, en el año 2026.
- Determinar el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni en relación con lo establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. RECURSO HÍDRICO Y AGUA PARA CONSUMO HUMANO

El recurso hídrico constituye uno de los elementos naturales más importantes para la vida en el planeta, ya que es indispensable para el desarrollo de los ecosistemas, las actividades productivas y la supervivencia humana. Se entiende por recurso hídrico al conjunto de aguas disponibles en la naturaleza, tanto superficiales como subterráneas, que pueden ser aprovechadas por el ser humano para distintos fines, como el consumo, la agricultura, la industria y la generación de energía. Este recurso es dinámico, renovable y forma parte del ciclo hidrológico, mediante el cual el agua circula continuamente entre la atmósfera, la superficie terrestre y el subsuelo (OMS, 2021).

Dentro de los recursos hídricos, el agua subterránea adquiere especial relevancia, especialmente en zonas rurales, debido a que representa una fuente relativamente estable y menos expuesta a contaminaciones directas en comparación con las aguas superficiales. Esta se encuentra almacenada en acuíferos y es extraída comúnmente mediante pozos, constituyendo una de las principales fuentes de abastecimiento para el consumo humano en muchas comunidades. Sin embargo, su calidad puede verse afectada por factores naturales, como la composición geológica del suelo, así como por actividades antrópicas, como la agricultura, el manejo inadecuado de residuos o la falta de sistemas de saneamiento (Villena, 2018).



Figura 01: Ciclo integral del agua.

Fuente: (Zaninovich & Nuñez, 2011)

Por otro lado, el agua para consumo humano es aquella destinada a la ingesta, preparación de alimentos y uso doméstico, la cual debe cumplir con condiciones específicas de calidad que garanticen la protección de la salud de la población. Para que el agua sea considerada apta para el consumo humano, debe ser inocua, es decir, libre de microorganismos patógenos, sustancias químicas peligrosas y características físicas indeseables como color, olor o turbidez excesiva. Asimismo, debe ser accesible, suficiente y continua, permitiendo satisfacer las necesidades básicas de la población (Tudesca et al., 2015).

2.1.2. AGUA SUBTERRÁNEA, SUS CARACTERÍSTICAS Y USOS

El agua subterránea es aquella que se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre, ocupando los poros y fisuras de los suelos y formaciones rocosas, conocidas como acuíferos. Este tipo de recurso hídrico se origina principalmente a partir de la infiltración del agua de lluvia, ríos, lagos u otras fuentes superficiales que penetran en el suelo a

través de procesos naturales, formando reservas de gran importancia para el abastecimiento humano y el equilibrio ambiental. Debido a su ubicación en el subsuelo, el agua subterránea suele estar protegida de contaminaciones directas, lo que le confiere ciertas ventajas frente a las aguas superficiales (Ramsar, 2010).

Entre las principales características del agua subterránea destaca su relativa estabilidad en cantidad y calidad, ya que no está expuesta de manera inmediata a variaciones climáticas o contaminantes atmosféricos. Asimismo, presenta una temperatura generalmente constante, determinada por las condiciones del subsuelo, lo cual favorece su uso en diversas actividades. Otra característica importante es su bajo nivel de turbidez, debido al proceso natural de filtración que ocurre al atravesar capas de suelo y roca, lo que permite la retención de partículas sólidas en suspensión (Vélez et al., 2011).

En cuanto a sus usos, el agua subterránea constituye una de las principales fuentes de abastecimiento para el consumo humano, especialmente en zonas rurales donde no existe acceso a sistemas de agua potable centralizados. Además, es ampliamente utilizada en actividades agrícolas para riego, en la ganadería, en procesos industriales y, en algunos casos, para usos recreativos o termales. Su disponibilidad durante todo el año la convierte en un recurso estratégico frente a la escasez de agua superficial. El aprovechamiento del agua subterránea se realiza comúnmente mediante la construcción de pozos, que permiten extraer el recurso desde los acuíferos. Sin embargo, su uso debe ser gestionado de manera sostenible, evitando la sobreexplotación, que puede generar la disminución del nivel freático, la salinización o la intrusión de aguas contaminadas. Asimismo, es fundamental implementar medidas de protección sanitaria alrededor de los pozos para prevenir la contaminación del recurso (Collazo & Montaña, 2012).

2.1.3. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA (POZOS)

Las fuentes de abastecimiento de agua constituyen el origen desde el cual se obtiene el recurso hídrico destinado al consumo humano, actividades domésticas, agrícolas e industriales. Estas fuentes pueden ser superficiales, como ríos, lagos y manantiales, o subterráneas, como los acuíferos. Dentro de estas últimas, los pozos representan una de

las alternativas más utilizadas, especialmente en zonas rurales y periurbanas, donde el acceso a sistemas centralizados de agua potable es limitado o inexistente (Waller, 1992). Los pozos son estructuras construidas para extraer agua del subsuelo, accediendo a los acuíferos mediante perforaciones o excavaciones que permiten captar el recurso hídrico almacenado en capas geológicas permeables. Dependiendo de su profundidad, método de construcción y características técnicas, los pozos pueden clasificarse en pozos someros o excavados, pozos tubulares o perforados y pozos artesianos. Los pozos someros suelen tener poca profundidad y se construyen manualmente, siendo más vulnerables a la contaminación. En cambio, los pozos tubulares alcanzan mayores profundidades mediante perforación mecánica, lo que permite acceder a acuíferos más protegidos y, en general, de mejor calidad. Por su parte, los pozos artesianos se caracterizan por la presión natural del agua, que puede hacer que esta fluya sin necesidad de bombeo (Bruni, 2020).

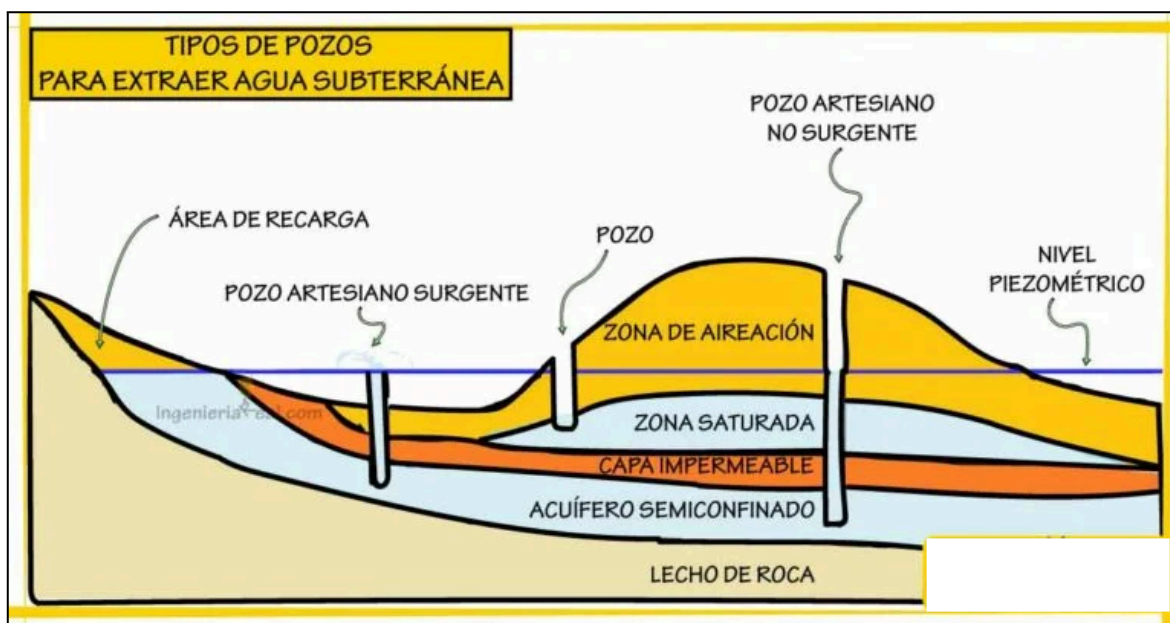


Figura 02: Tipos de pozos.

Fuente: (Hernandez, 2009).

Una de las principales ventajas de los pozos como fuente de abastecimiento es la disponibilidad relativamente constante del agua, independientemente de las variaciones climáticas o estacionales. Además, el agua subterránea extraída a través de pozos suele

presentar menor turbidez y menor carga de contaminantes biológicos en comparación con las fuentes superficiales, debido al proceso natural de filtración que ocurre en el suelo. Esto hace que, en muchos casos, el agua de pozo requiera tratamientos menos complejos antes de su consumo (Portuguez, 2008).

2.1.4. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua se refiere al conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan su idoneidad para un uso específico, especialmente para el consumo humano. Este concepto no solo implica la ausencia de contaminantes, sino también el cumplimiento de condiciones que garanticen que el agua sea segura, aceptable y no represente riesgos para la salud. En ese sentido, la calidad del agua es un factor fundamental en la salud pública, el bienestar social y el desarrollo sostenible de las poblaciones (Chávez & Alberto, 2018).

Desde un enfoque integral, la calidad del agua depende de diversos factores naturales y antrópicos. Entre los factores naturales se encuentran la composición geológica del suelo, el clima, la vegetación y los procesos hidrológicos, los cuales influyen en la presencia de minerales y otras sustancias disueltas. Por otro lado, las actividades humanas, como la agricultura, la industria, la urbanización y la disposición inadecuada de residuos, pueden introducir contaminantes que alteran significativamente las características del agua, afectando su calidad (Aguilar & Navarro, 2018).

2.1.5. PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL AGUA

Los parámetros fisicoquímicos del agua son indicadores fundamentales que permiten evaluar sus características físicas y químicas, determinando su calidad y aptitud para el consumo humano. Estos parámetros reflejan la composición del agua, la presencia de sustancias disueltas y sus propiedades sensoriales, siendo esenciales para identificar posibles alteraciones o contaminaciones. A continuación, se presentan los principales parámetros fisicoquímicos del agua, descritos de manera detallada (Samboni et al., 2007):

- **pH (potencial de hidrógeno)** El pH mide el grado de acidez o alcalinidad del agua en una escala de 0 a 14. Un pH cercano a 7 indica neutralidad, mientras que valores menores o mayores indican acidez o alcalinidad, respectivamente. Este parámetro es importante porque influye en la eficacia de la desinfección y en la corrosión o incrustación en tuberías.
- **Turbidez.** La turbidez indica la cantidad de partículas suspendidas en el agua, como sedimentos, materia orgánica o microorganismos. Se mide en unidades nefelométricas (NTU). Altos niveles de turbidez pueden afectar la calidad estética del agua y dificultar los procesos de desinfección.
- **Conductividad eléctrica** Este parámetro mide la capacidad del agua para conducir electricidad, lo cual depende de la cantidad de sales disueltas presentes. Se expresa en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y es un indicador indirecto de la mineralización del agua.
- **Sólidos disueltos totales (SDT).** Representan la cantidad total de sustancias disueltas en el agua, incluyendo sales minerales, metales y compuestos orgánicos. Altas concentraciones pueden afectar el sabor del agua y generar problemas en los sistemas de distribución.
- **Dureza total.** La dureza está relacionada con la concentración de calcio y magnesio en el agua. Se expresa en mg/L de carbonato de calcio (CaCO_3). El agua dura puede provocar incrustaciones en tuberías y equipos, además de disminuir la eficacia de los detergentes.
- **Cloruros.** Los cloruros son sales disueltas que, en concentraciones elevadas, pueden alterar el sabor del agua y causar corrosión en sistemas de distribución.
- **Sulfatos.** Los sulfatos son compuestos presentes de forma natural o por contaminación industrial. En altas concentraciones pueden tener efectos laxantes y afectar el sabor del agua.
- **Nitratos.** Los nitratos suelen provenir de actividades agrícolas o desechos orgánicos. Su presencia en niveles elevados representa un riesgo para la salud, especialmente

en niños, ya que puede causar trastornos como la metahemoglobinemia.

- **Cloro residual.** El cloro residual indica la cantidad de desinfectante presente en el agua después del tratamiento. Es fundamental para asegurar la eliminación de microorganismos patógenos y evitar la recontaminación durante la distribución.

2.1.6. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA

Los parámetros microbiológicos del agua constituyen un conjunto de indicadores fundamentales que permiten evaluar la presencia de microorganismos en el recurso hídrico, especialmente aquellos que pueden representar un riesgo para la salud humana. Estos parámetros son esenciales en la determinación de la calidad sanitaria del agua destinada al consumo humano, ya que evidencian posibles contaminaciones de origen fecal y la existencia de agentes patógenos capaces de provocar enfermedades. A continuación, se describen los principales parámetros microbiológicos del agua (Félez, 2009):

- **Coliformes totales:** Son un grupo de bacterias ampliamente distribuidas en el ambiente, presentes en el suelo, el agua y la vegetación, así como en el intestino de animales y seres humanos. Aunque no todos los coliformes son patógenos, su presencia en el agua indica deficiencias en las condiciones de higiene o posibles fallas en el sistema de tratamiento. Se utilizan como un indicador general de contaminación.
- **Coliformes termotolerantes (o fecales):** Este grupo de bacterias es un subconjunto de los coliformes totales y se caracteriza por su capacidad de crecer a temperaturas elevadas (alrededor de 44.5 °C). Su presencia está directamente asociada a contaminación de origen fecal, lo que implica un mayor riesgo sanitario, ya que pueden coexistir con microorganismos patógenos.
- **Escherichia coli (E. coli):** Es una bacteria específica del tracto intestinal de humanos y animales de sangre caliente. Se considera el indicador más preciso de contaminación fecal reciente. La detección de E. coli en el agua implica un alto riesgo

de presencia de patógenos, como virus, bacterias y parásitos, capaces de causar enfermedades gastrointestinales.

2.1.7. CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La contaminación del agua subterránea se refiere a la alteración de sus características físicas, químicas y microbiológicas debido a la incorporación de sustancias o microorganismos que afectan su calidad natural, haciéndola inapropiada para el consumo humano y otros usos. Este tipo de contaminación ocurre cuando agentes externos ingresan al subsuelo y alcanzan los acuíferos, que son las principales reservas de agua subterránea, generando un problema ambiental y sanitario de gran relevancia (García, 2009).

El agua subterránea, en condiciones naturales, suele presentar buena calidad debido al proceso de filtración que ocurre a través de las capas del suelo y las formaciones geológicas. Sin embargo, esta capacidad de filtración no es suficiente para eliminar todos los contaminantes, especialmente aquellos de origen químico o biológico. Una vez que los contaminantes ingresan al acuífero, su eliminación resulta compleja, lenta y, en muchos casos, costosa, lo que agrava el problema (OXFAM, 2016).

Las fuentes de contaminación del agua subterránea pueden ser de origen natural o antrópico. Entre las fuentes naturales se encuentran la disolución de minerales presentes en el suelo, que puede incrementar la concentración de ciertos elementos como hierro, manganeso o arsénico. No obstante, las principales causas de contaminación están asociadas a las actividades humanas. Entre ellas destacan el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en la agricultura, que liberan nitratos y compuestos químicos que se infiltran en el suelo; la disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos; las filtraciones provenientes de letrinas, fosas sépticas y sistemas de alcantarillado en mal estado; así como los derrames de sustancias peligrosas provenientes de actividades industriales y mineras (Gómez, 2018).

2.1.8. NORMATIVA DE CALIDAD DEL AGUA

La normativa de calidad del agua comprende el conjunto de leyes, reglamentos,

estándares y disposiciones técnicas que establecen los criterios, límites y procedimientos necesarios para garantizar que el agua sea apta para su uso, especialmente para el consumo humano. Estas normas tienen como finalidad proteger la salud pública, preservar los ecosistemas acuáticos y asegurar el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico (MINISTERIO DE SALUD, 2010).

La importancia de la normativa radica en que define los parámetros que debe cumplir el agua para ser considerada segura, estableciendo los llamados Límites Máximos Permisibles (LMP) o valores guía para diversos indicadores fisicoquímicos, microbiológicos y, en algunos casos, radiológicos. Estos límites se basan en estudios científicos y recomendaciones internacionales, y están diseñados para prevenir efectos adversos en la salud de la población (ISO, 2007).

En el caso del Perú, la principal norma que regula la calidad del agua para consumo humano es el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, el cual aprueba el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Este reglamento establece los requisitos que deben cumplir las fuentes de agua, los sistemas de abastecimiento, los procesos de tratamiento y los controles de calidad, con el objetivo de asegurar que el agua distribuida a la población sea segura (Laura, 2025).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua para consumo humano: Es el agua destinada a la ingesta, preparación de alimentos y uso doméstico. Debe estar libre de microorganismos patógenos y sustancias peligrosas, además de presentar características aceptables. (Tudesca et al., 2015).

Agua subterránea: Es el agua que se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en acuíferos, originada por la infiltración de agua superficial. Se caracteriza por su estabilidad y menor exposición a contaminantes directos. (Ramsar, 2010).

Calidad del agua: Conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan la aptitud del agua para un uso específico, especialmente el consumo humano. Su evaluación permite identificar riesgos y garantizar la seguridad sanitaria. (Chávez & Alberto, 2018).

Cloro residual: Cantidad de cloro presente en el agua después del proceso de desinfección, que asegura la eliminación de microorganismos y previene la recontaminación. (Samboni et al., 2007).

Coliformes termotolerantes: Bacterias que indican contaminación fecal, capaces de crecer a altas temperaturas. Su presencia en el agua representa un riesgo sanitario significativo. (Félez, 2009).

Coliformes totales: Grupo de bacterias presentes en el ambiente y en el intestino de seres vivos, utilizadas como indicadores de contaminación general del agua. No todos son patógenos, pero evidencian posibles fallas sanitarias. (Félez, 2009).

Conductividad eléctrica: Parámetro que mide la capacidad del agua para conducir electricidad, relacionado con la concentración de sales disueltas. Es un indicador indirecto del grado de mineralización. (Samboni et al., 2007).

Contaminación del agua subterránea: Proceso mediante el cual el agua subterránea se ve alterada por la incorporación de sustancias o microorganismos que afectan su calidad. Generalmente es causada por actividades humanas como la agricultura o el manejo inadecuado de residuos. (García, 2009).

Dureza del agua: Propiedad relacionada con la concentración de calcio y magnesio presentes en el agua. Altos niveles pueden generar incrustaciones en tuberías y afectar su uso doméstico. (Samboni et al., 2007).

Escherichia coli: Bacteria presente en el intestino de humanos y animales, considerada indicador específico de contaminación fecal reciente. Su presencia implica un alto riesgo sanitario. (Félez, 2009).

Fuentes de abastecimiento de agua: Son los lugares o sistemas de dónde se obtiene el agua para diferentes usos, como ríos, lagos o acuíferos. En zonas rurales, los pozos son una fuente importante de abastecimiento. (Waller, 1992).

Nitratos: Compuestos químicos que pueden encontrarse en el agua debido a actividades agrícolas o residuos orgánicos. En altas concentraciones representan un riesgo para la salud, especialmente en niños. (Samboni et al., 2007).

Normativa de calidad del agua: Conjunto de leyes y reglamentos que establecen los límites y condiciones que debe cumplir el agua para ser considerada apta para el consumo humano. Su objetivo es proteger la salud pública y el ambiente. (Ministerio de Salud, 2010).

Parámetros fisicoquímicos: Indicadores que permiten evaluar las propiedades físicas y químicas del agua, como pH, turbidez, conductividad y sólidos disueltos. Son esenciales para determinar su calidad. (Samboni et al., 2007).

Parámetros microbiológicos: Indicadores que evalúan la presencia de microorganismos en el agua, como coliformes y E. coli. Permiten determinar su calidad sanitaria y posibles riesgos para la salud. (Félez, 2009).

pH: Medida del grado de acidez o alcalinidad del agua en una escala de 0 a 14. Influye en la calidad del agua y en los procesos de tratamiento. (Samboni et al., 2007).

Pozos: Estructuras construidas para extraer agua del subsuelo mediante perforaciones o excavaciones. Son una fuente común de abastecimiento en zonas rurales. (Bruni, 2020).

Recurso hídrico: Conjunto de aguas disponibles en la naturaleza, tanto superficiales como subterráneas, utilizadas para diferentes actividades humanas. Forma parte del ciclo hidrológico. (OMS, 2021).

Sólidos disueltos totales (SDT): Cantidad total de sustancias disueltas en el agua, como sales y minerales. Su concentración influye en el sabor y calidad del agua. (Samboni et al., 2007).

Turbidez: Medida de la cantidad de partículas suspendidas en el agua, que afectan su claridad. Altos valores pueden dificultar la desinfección. (Samboni et al., 2007).

2.3. MARCO NORMATIVO

En el contexto peruano, la regulación de la calidad del agua se sustenta en diversas disposiciones legales emitidas por entidades competentes como el Ministerio de Salud (MINSA), el Ministerio del Ambiente (MINAM) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA), las cuales establecen lineamientos para el monitoreo, control y gestión del recurso hídrico.

- **Decreto Supremo N.º 031-2010-SA**, que aprueba el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Esta norma constituye el principal instrumento legal en el Perú en materia de agua potable, ya que establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, tales como pH, turbidez, sólidos disueltos, nitratos, coliformes totales y *Escherichia coli*. Asimismo, define los requisitos que deben cumplir las fuentes de abastecimiento, los sistemas de tratamiento, almacenamiento y distribución, así como los procedimientos de vigilancia sanitaria para asegurar la inocuidad del agua.
- **Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM**, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Esta normativa establece los niveles de concentración de diversos parámetros en cuerpos de agua naturales, clasificándolos según su uso (consumo humano, riego, recreación, entre otros). Los ECA constituyen una herramienta clave para evaluar la calidad de las fuentes de agua, incluyendo aguas superficiales y subterráneas, permitiendo determinar su estado ambiental y su aptitud para diferentes usos.
- **Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales**, aprobado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el cual establece los lineamientos técnicos para la toma de muestras, conservación, transporte y análisis del agua. Este protocolo garantiza la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos en los estudios de calidad del agua.
- **Resolución Directoral N.º 160-2015-DIGESA/SA**, que aprueba el Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. Esta norma es fundamental para asegurar que las muestras recolectadas sean representativas y que los resultados de laboratorio reflejen con precisión las condiciones reales del agua evaluada.
- **Ley N.º 29338**, Ley de Recursos Hídricos, establece el marco general para la gestión integrada y sostenible del agua en el Perú. Esta ley reconoce el agua como un

recurso natural esencial para la vida y el desarrollo, regulando su uso, conservación y protección, así como las competencias de las autoridades encargadas de su administración.

- Directrices internacionales emitidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las cuales proporcionan criterios técnicos y valores guía sobre la calidad del agua potable. Estas recomendaciones sirven como referencia para la formulación y actualización de las normativas nacionales, asegurando su alineación con estándares internacionales.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave - Puno, no es apta para consumo humano.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni presentan valores que exceden los límites establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.
- El agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni no cumple con los parámetros de calidad establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para consumo humano.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en la comunidad de Choque Jachuni, ubicada en el distrito de Ilave, provincia de El Collao, en el departamento de Puno. Esta zona forma parte del altiplano peruano y se caracteriza por su altitud elevada, clima frío y presencia de extensas áreas rurales donde la principal actividad económica es la agricultura y la ganadería. La comunidad se abastece principalmente de agua subterránea mediante pozos, los cuales constituyen la principal fuente para consumo humano debido a la limitada cobertura de sistemas de agua potable.

En cuanto a su localización geográfica, la comunidad de Choque Jachuni se sitúa aproximadamente en las coordenadas UTM (Zona 19L) con valores referenciales de Este: 392000 m y Norte: 8235000 m, correspondientes al sistema WGS84. Estas coordenadas permiten ubicar el área de estudio dentro de la cuenca del lago Titicaca, una de las regiones hidrográficas más importantes del sur del Perú.

Desde el punto de vista ambiental, la zona presenta características propias de ecosistemas altoandinos, con suelos de origen volcánico y sedimentario que influyen en la composición del agua subterránea. La disponibilidad hídrica está condicionada por las precipitaciones estacionales, concentradas principalmente en los meses de verano, lo que favorece la recarga de los acuíferos. Sin embargo, durante la época seca, la disponibilidad de agua puede disminuir, incrementando la dependencia de los pozos.

Asimismo, la situación ambiental de la comunidad evidencia ciertos factores de riesgo que podrían afectar la calidad del agua. Entre ellos se encuentran la disposición

inadecuada de residuos sólidos, la cercanía de viviendas a los pozos, el uso de letrinas o sistemas de saneamiento básico, y las actividades agropecuarias que implican el uso de fertilizantes y la presencia de excretas animales. Estos factores pueden favorecer la infiltración de contaminantes hacia el subsuelo, afectando principalmente los parámetros microbiológicos del agua.

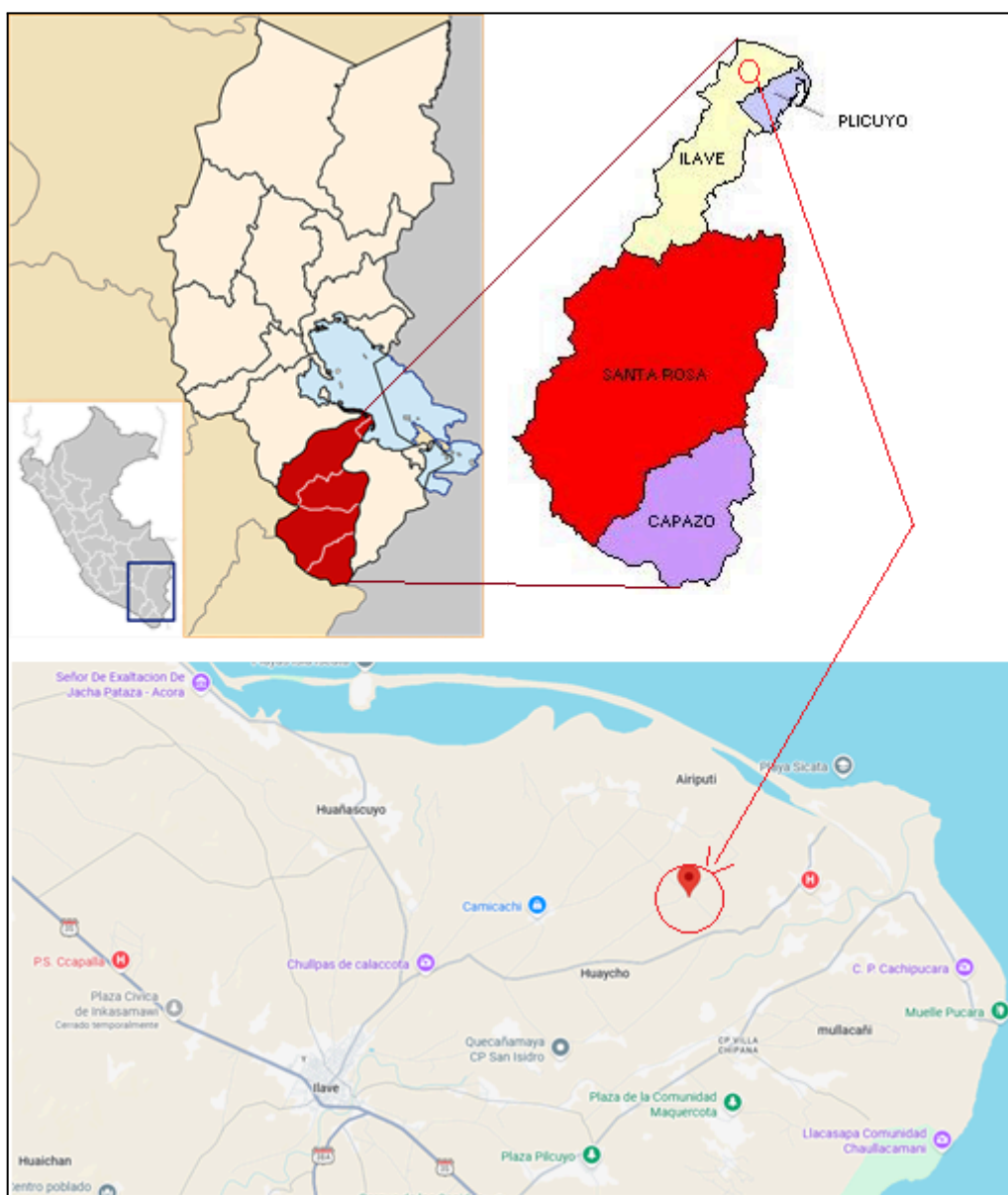


Figura 03: Ubicación de la comunidad Choque Jachuni en el distrito de Ilave de la Provincia de El Collao.

En ese contexto, la evaluación de la calidad del agua en esta zona resulta fundamental, ya que permite identificar posibles riesgos para la salud de la población y contribuir a la

implementación de medidas de gestión y protección del recurso hídrico. La caracterización ambiental del área de estudio proporciona, además, un marco de referencia para interpretar los resultados obtenidos en el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio está constituida por la totalidad de los pozos de agua existentes en la comunidad de Choque Jachuni, distrito de llave - Puno. En total, se identificaron 6 pozos, de los cuales 5 se encuentran operativos y 1 en condición inoperativa, los cuales representan las fuentes de abastecimiento de agua subterránea utilizadas por la población para el consumo humano.

3.2.2. MUESTRA

La muestra de la investigación estuvo conformada por 2 pozos seleccionados, correspondientes a aquellos de mayor uso por parte de la población de la comunidad. La selección se realizó de manera no probabilística, considerando criterios de representatividad y frecuencia de uso, con el fin de evaluar la calidad del agua en las fuentes más relevantes para el consumo humano. Estos pozos permitieron obtener información significativa sobre las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua utilizada por los habitantes.

Tabla 01: Ubicación geográfica de los pozos.

N°	Denominación	Descripción	Coordenadas UTM (ZONA 19S)	
1	P1	Ubicación del Pozo 01	425232.89 m (E)	8 242 287.67 m (N)
2	P2	Ubicación del Pozo 02	425297.14 m (E)	8 242 058.57 m (N)

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo descriptiva, ya que está orientada a describir conocimiento científico sobre la calidad del agua subterránea destinada al consumo humano en la comunidad de Choque Jachuni, sin intervenir directamente en la modificación de la realidad estudiada.

3.3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Asimismo, presenta un enfoque cuantitativo, debido a que se basa en la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, cuyos resultados son expresados en valores numéricos y analizados mediante comparación con estándares normativos.

3.3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es no experimental, puesto que no se manipulan deliberadamente las variables de estudio, sino que se observan tal como se presentan en su contexto natural. En este caso, se evalúa la calidad del agua de los pozos sin alterar sus condiciones. Asimismo, corresponde a un diseño transversal (o transeccional), ya que la recolección de datos se realiza en un único momento o periodo de tiempo durante el año 2026, permitiendo obtener un diagnóstico de la calidad del agua en ese instante.

3.3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica principal utilizada fue la observación directa, a través de la cual se realizó el muestreo del agua en los pozos seleccionados, siguiendo los protocolos establecidos para garantizar la representatividad y confiabilidad de las muestras.

- Como instrumento de recolección de datos se empleó la ficha de registro de muestreo, donde se consignaron las características del punto de muestreo, condiciones ambientales y datos relevantes durante la toma de muestras.
- Asimismo, se utilizaron equipos e instrumentos de laboratorio para el análisis de los parámetros fisicoquímicos (pH-metro, conductímetro, turbidímetro, entre otros) y materiales microbiológicos para la determinación de coliformes mediante métodos estandarizados como el Número Más Probable (NMP).

3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En la presente investigación, la metodología se estructura en función de los objetivos específicos planteados, siguiendo los lineamientos técnicos del “Proyecto Metodología Aguas” y los protocolos establecidos por la normativa peruana para la evaluación de la calidad del agua.

OE1. Determinar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de llave - Puno, en el año 2026.

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizó la recolección de muestras de agua en los **2 pozos seleccionados** de mayor uso en la comunidad, siguiendo los procedimientos establecidos en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos.

La toma de muestras se efectuó en recipientes estériles para los análisis microbiológicos y en envases adecuados para los análisis fisicoquímicos, asegurando su correcta preservación, rotulación y transporte hacia el laboratorio.

Los parámetros fisicoquímicos analizados incluyeron pH, temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos disueltos totales, dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos y

nitratos. Estos fueron determinados mediante métodos estandarizados utilizando equipos calibrados y técnicas reconocidas.

En cuanto a los parámetros microbiológicos, se evaluó la presencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, mediante métodos como el Número Más Probable (NMP), siguiendo procedimientos microbiológicos establecidos.

Los resultados obtenidos permitieron conocer las concentraciones de los parámetros evaluados en cada punto de muestreo.

OE2. Determinar el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni en relación con lo establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

Para este objetivo, los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y microbiológico fueron comparados con los **Límites Máximos Permisibles (LMP)** establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Se elaboraron tablas comparativas donde se contrastaron los valores obtenidos en cada parámetro con los límites normativos correspondientes. A partir de esta comparación, se determinó el grado de cumplimiento o incumplimiento de cada parámetro analizado.

Asimismo, se realizó un análisis interpretativo de los resultados, identificando posibles riesgos para la salud humana asociados a los parámetros que exceden los límites permisibles. Esto permitió establecer si el agua de los pozos evaluados es apta o no para el consumo humano, y fundamentar conclusiones y recomendaciones orientadas a la gestión y mejora de la calidad del recurso hídrico en la comunidad de estudio.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Operacionalización de variables.

Variables	Dimensión	Indicadores	Índice	
V.I. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Parámetros	• Temperatura	°C	
		• Conductividad eléctrica	uS/cm	
		• Turbidez	NTU	
	Parámetros microbiológicos	Parámetros	• pH	pH
			• Cloruro	mg/L
			• Dureza	mg/L
V.D. Calidad Agua	Cumplimiento	• Cloruros	mg/L	
		• Nitratos	mg/L	
		• Coliformes totales	NMP/100 ml	
		• Coliformes termotolerantes		
		LMP del DS 031-2010-SA	SI/NO	

3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

En primer lugar, se realizó la organización y sistematización de los datos recolectados durante el muestreo y análisis de laboratorio, empleando tablas de registro para cada parámetro evaluado. Posteriormente, se aplicó la estadística descriptiva, utilizando medidas como el promedio (media aritmética), valores mínimos y máximos, con el fin de resumir y describir el comportamiento de las variables analizadas.

Asimismo, se efectuó un análisis comparativo, contrastando los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.º

031-2010-SA. Este procedimiento permitió determinar el grado de cumplimiento o incumplimiento de cada parámetro, identificando posibles riesgos asociados a la calidad del agua.

Para los parámetros microbiológicos, se consideró la interpretación de resultados en función de los valores establecidos por la normativa, especialmente en lo referente a la presencia o ausencia de microorganismos indicadores como coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*.

Los datos fueron presentados mediante tablas y gráficos estadísticos, facilitando su interpretación y análisis. Este enfoque permitió obtener conclusiones objetivas sobre la calidad del agua y su aptitud para el consumo humano. En síntesis, el método estadístico aplicado permitió describir, analizar e interpretar los datos de manera ordenada y confiable, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de la investigación.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIONES DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI, DISTRITO DE ILAVE - PUNO, EN EL AÑO 2026.

Tabla 03: Concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del pozo “P1”.

Parámetros	UNIDAD	VALORES
Fisicoquímicos		
pH	Valor de pH	6.950
Conductividad eléctrica.	$\mu\text{mho} / \text{cm}$	250.000
Sólidos disueltos totales.	mg L^{-1}	140.000
Dureza total	$\text{mg Ca CO}_3 \text{L}^{-1}$	336.000
Alcalinidad	mg L^{-1}	189.110
Cloruros (Cl^-)	mg Cl L^{-1}	7.040
Sulfatos (SO_4^-)	$\text{mg SO}_4 \text{L}^{-1}$	66.000
Nitratos (NO_3^-)	mg L^{-1}	0.020
Calcio (Ca^{++})	mg L^{-1}	59.740
Magnesio (Mg^{++})	mg L^{-1}	49.660
Microbiológicos		
Coliformes totales	NMP/100 ml	<3.000
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	<3.000

Los resultados mostrados en la tabla 03, obtenidos del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua del pozo "P1" evidencian características propias de aguas subterráneas con presencia moderada de minerales disueltos y ausencia de contaminación microbiológica detectable.

En relación con el potencial de hidrógeno, el agua presentó un valor de pH de 6,950, indicando una condición cercana a la neutralidad. Este comportamiento refleja estabilidad química en el agua subterránea y condiciones adecuadas para el equilibrio de los compuestos minerales presentes en el pozo.

La conductividad eléctrica registró un valor de 250.000 $\mu\text{mho/cm}$, equivalente a 250 $\mu\text{S/cm}$. Este resultado indica una baja a moderada presencia de sales disueltas en el agua, lo que sugiere una mineralización moderada asociada a la interacción natural del agua con los materiales geológicos del subsuelo.

Respecto a los sólidos disueltos totales, se obtuvo una concentración de 140.000 mg/L, lo que evidencia una cantidad moderada de sustancias minerales disueltas. Este comportamiento guarda relación directa con la conductividad eléctrica, debido a que ambos parámetros reflejan el contenido iónico presente en el agua subterránea.

La dureza total alcanzó un valor de 336.000 mg CaCO_3/L , indicando una presencia considerable de sales de calcio y magnesio. Esta característica es típica de aguas subterráneas que atraviesan formaciones geológicas ricas en minerales carbonatados, pudiendo generar incrustaciones en recipientes o sistemas de conducción de agua.

En cuanto a la alcalinidad, se registró una concentración de 189.110 mg/L, lo que evidencia una capacidad moderada del agua para neutralizar ácidos. Este comportamiento está asociado principalmente a la presencia de bicarbonatos y carbonatos disueltos, los cuales contribuyen a la estabilidad química del agua.

La concentración de cloruros fue de 7.040 mg Cl/L , indicando una baja presencia de este ion en el agua analizada. Valores reducidos de cloruros generalmente se relacionan con escasa influencia de contaminación por actividades domésticas o procesos de salinización.

Por otro lado, los sulfatos alcanzaron una concentración de 66.000 mg SO₄/L, reflejando la disolución natural de minerales sulfurados o sulfatados presentes en el subsuelo. Asimismo, los nitratos presentaron una concentración de 0.020 mg/L, mostrando una presencia mínima de compuestos nitrogenados en el agua.

En relación con los cationes principales, el calcio presentó una concentración de 59.740 mg/L y el magnesio 49.660 mg/L, resultados que explican el comportamiento de la dureza total observada en el pozo. La presencia de estos minerales es característica de aguas subterráneas con interacción prolongada con rocas calcáreas y materiales minerales del terreno.

Finalmente, en el análisis microbiológico, tanto los coliformes totales como los coliformes termotolerantes registraron valores menores a 3.000 NMP/100 mL. Estos resultados evidencian presencia microbiológica detectable dentro del límite de sensibilidad del método aplicado, lo que sugiere condiciones no adecuadas de protección sanitaria del pozo y baja influencia de contaminación fecal reciente.

Tabla 04: Concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del pozo “P2”.

Parámetros	UNIDAD	P2
Fisicoquímicos		
pH	Valor de pH	6.790
Conductividad eléctrica.	µmho / cm	270.000
Sólidos disueltos totales.	mg L ⁻¹	130.000
Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	338.000
Alcalinidad	mg L ⁻¹	189.010
Cloruros (Cl ⁻)	mg Cl L ⁻¹	7.220
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg SO ₄ L ⁻¹	71.000

Parámetros	UNIDAD	P2
Nitratos (NO ₃)	mg L ⁻¹	0.010
Calcio (Ca ⁺⁺)	mg L ⁻¹	59.010
Magnesio (Mg ⁺⁺)	mg L ⁻¹	47.050
Microbiológicos		
Coliformes totales	NMP/100 ml	<3.000
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	<3.000

Los resultados mostrados en la tabla 04, obtenidos del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua del pozo "P2" evidencian características típicas de aguas subterráneas con contenido moderado de minerales disueltos y ausencia de contaminación microbiológica detectable.

El valor de pH registrado fue de 6.790, indicando una condición ligeramente cercana a la neutralidad. Este comportamiento refleja estabilidad química en el agua y condiciones favorables en el equilibrio de las sustancias minerales presentes en el pozo.

La conductividad eléctrica presentó un valor de 270.000 µmho/cm, equivalente a 270 µS/cm, lo que indica la presencia moderada de sales y compuestos iónicos disueltos en el agua. Este resultado sugiere procesos naturales de mineralización derivados del contacto del agua con las formaciones geológicas del subsuelo.

En cuanto a los sólidos disueltos totales, se obtuvo una concentración de 130.000 mg/L, evidenciando una cantidad moderada de minerales disueltos. Este comportamiento guarda relación con la conductividad eléctrica, debido a que ambos parámetros representan el contenido de sustancias iónicas presentes en el agua subterránea.

La dureza total alcanzó un valor de 338.000 mg CaCO₃/L, indicando una elevada presencia de calcio y magnesio disueltos. Esta característica es común en aguas subterráneas que atraviesan suelos y rocas con contenido mineral carbonatado, pudiendo

influir en la formación de incrustaciones en sistemas de almacenamiento y conducción de agua.

Respecto a la alcalinidad, el valor registrado fue de 189,010 mg/L, lo que demuestra una capacidad moderada del agua para neutralizar sustancias ácidas. Esta propiedad se encuentra relacionada principalmente con la presencia de bicarbonatos y carbonatos naturales en el agua.

La concentración de cloruros fue de 7.220 mg Cl/L, mostrando una baja presencia de este ion en el agua analizada. Del mismo modo, los sulfatos alcanzaron una concentración de 71,000 mg SO₄/L, resultado asociado a la disolución natural de minerales presentes en el subsuelo.

Los nitratos registraron una concentración de 0,010 mg/L, evidenciando una presencia mínima de compuestos nitrogenados en el agua del pozo. Este comportamiento sugiere escasa influencia de actividades externas relacionadas con contaminación orgánica o infiltración de residuos.

En relación con los cationes principales, el calcio presentó una concentración de 59.010 mg/L y el magnesio 47.050 mg/L, resultados que contribuyen directamente a la dureza total observada en el agua del pozo "P2". La presencia de estos minerales es característica de aguas subterráneas con interacción geológica natural.

Finalmente, en el análisis microbiológico, tanto los coliformes totales como los coliformes termotolerantes presentaron valores menores a 3.000 NMP/100 mL, indicando presencia microbiológica detectable dentro del límite de sensibilidad del método utilizado. Estos resultados evidencian condiciones no sanitarias favorables en la fuente de agua evaluada y baja probabilidad de contaminación fecal reciente.

4.1.1. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES ENTRE LOS POZOS P1 y P2.

La comparación de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los pozos "P1" y "P2" evidencia características similares en la calidad del agua subterránea de la

comunidad Choque Jachuni, observándose ligeras variaciones en algunos parámetros evaluados.

- En relación con el potencial de hidrógeno (pH), el pozo “P1” presentó un valor de 6.950, mientras que el pozo “P2” registró 6.790. Ambos resultados muestran condiciones cercanas a la neutralidad; sin embargo, el pozo “P1” presentó un carácter ligeramente menos ácido en comparación con el pozo “P2”.
- Respecto a la conductividad eléctrica, el pozo “P2” registró un valor de 270,000 $\mu\text{mho/cm}$, superior al obtenido en el pozo “P1” con 250.000 $\mu\text{mho/cm}$. Esta diferencia indica una mayor presencia de sales y minerales disueltos en el agua del pozo “P2”, lo que sugiere una mineralización ligeramente más elevada.
- En cuanto a los sólidos disueltos totales, el pozo “P1” presentó una concentración de 140.000 mg/L, mientras que el pozo “P2” registró 130.000 mg/L. Aunque ambos valores son similares, el pozo “P1” mostró una concentración ligeramente mayor de sustancias disueltas.
- La dureza total evidenció valores muy próximos entre ambos pozos, registrándose 336.000 mg CaCO_3/L en el pozo “P1” y 338.000 mg CaCO_3/L en el pozo “P2”. Estos resultados reflejan una elevada presencia de calcio y magnesio en ambas fuentes de agua, característica común de aguas subterráneas con interacción mineralógica natural.
- Con respecto a la alcalinidad, los dos pozos presentaron valores prácticamente similares, obteniéndose 189.110 mg/L en el pozo “P1” y 189.010 mg/L en el pozo “P2”. Esta similitud evidencia un comportamiento químico semejante y una capacidad equivalente para neutralizar sustancias ácidas.
- En relación con los cloruros, el pozo “P2” presentó una concentración ligeramente superior (7.220 mg Cl/L) respecto al pozo “P1” (7.040 mg Cl/L). Del mismo modo, los sulfatos mostraron una mayor concentración en el pozo “P2” con 71.000 mg SO_4/L , mientras que el pozo “P1” registró 66.000 mg SO_4/L . Estas diferencias podrían estar asociadas a variaciones naturales en la composición geológica del subsuelo.

- Los nitratos presentaron concentraciones bajas en ambos pozos; sin embargo, el pozo “P1” mostró un valor ligeramente superior (0.020 mg/L) en comparación con el pozo “P2” (0.010 mg/L). Esto evidencia una reducida presencia de compuestos nitrogenados en ambas fuentes de agua.
- En cuanto a los cationes principales, el calcio presentó valores similares en ambos pozos, registrándose 59.740 mg/L en el pozo “P1” y 59,010 mg/L en el pozo “P2”. Asimismo, el magnesio alcanzó 49,660 mg/L en el pozo “P1” y 47,050 mg/L en el pozo “P2”. Estos resultados explican la dureza total observada en ambas muestras de agua.
- Finalmente, en el análisis microbiológico, tanto el pozo “P1” como el pozo “P2” registraron valores menores a 3.000 NMP/100 mL para coliformes totales y coliformes termotolerantes. Estos resultados indican una presencia mínima de microorganismos coliformes en ambas fuentes de agua. La detección de estos indicadores microbiológicos sugiere una ligera influencia de contaminación biológica en los pozos evaluados.

4.2. CUMPLIMIENTO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI EN RELACIÓN CON LO ESTABLECIDO EN EL DECRETO SUPREMO N.º 031-2010-SA.

4.2.1. CUMPLIMIENTO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI

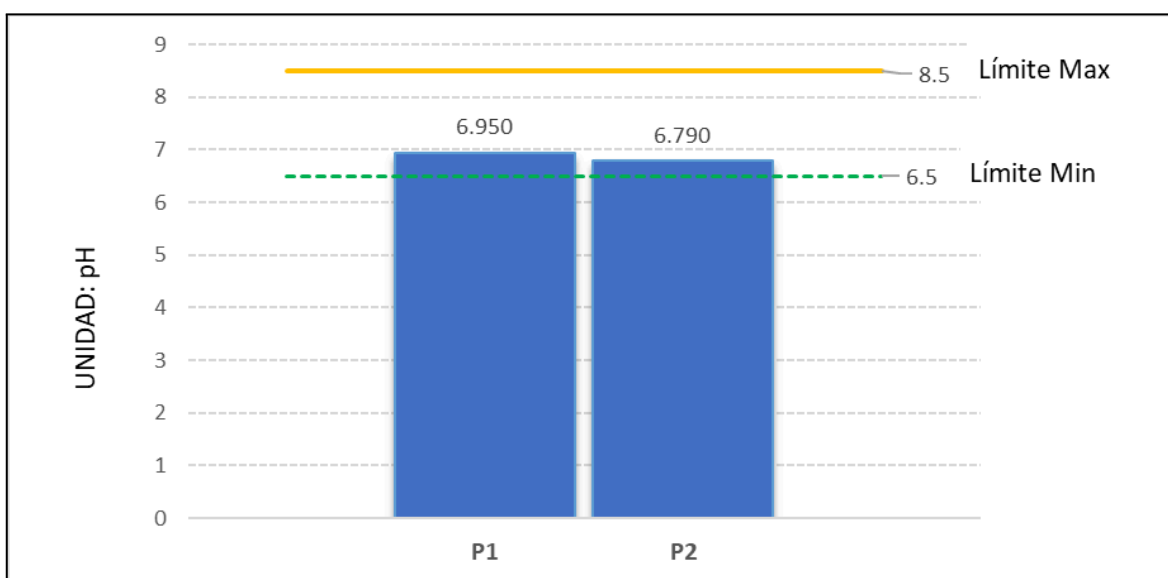


Figura 04: Verificación del cumplimiento del parámetro: pH con los LMP.

En la Figura 04 se presentan los valores de pH obtenidos en los pozos “P1” y “P2” de la comunidad Choque Jachuni, así como su comparación con los límites máximos permisibles establecidos para agua destinada al consumo humano. Los resultados evidencian que el pozo “P1” registró un valor de pH de 6,950, mientras que el pozo “P2” presentó un valor de 6,790. Ambos valores se encuentran dentro del rango establecido de 6,5 a 8,5, lo que indica el cumplimiento del parámetro evaluado. Asimismo, los valores obtenidos muestran que el agua de ambos pozos presenta una condición cercana a la neutralidad, característica típica de aguas subterráneas con equilibrio químico relativamente estable. Sin embargo, el pozo “P1” presentó un valor ligeramente superior respecto al pozo “P2”, evidenciando menor acidez relativa. El comportamiento observado sugiere que el agua subterránea evaluada mantiene condiciones fisicoquímicas favorables en relación con el potencial de hidrógeno, lo cual resulta importante debido a que el pH influye en la estabilidad química del agua, la solubilidad de minerales y las

características organolépticas del recurso hídrico. En consecuencia, se determina que los valores de pH registrados en los pozos “P1” y “P2” cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para agua de consumo humano.

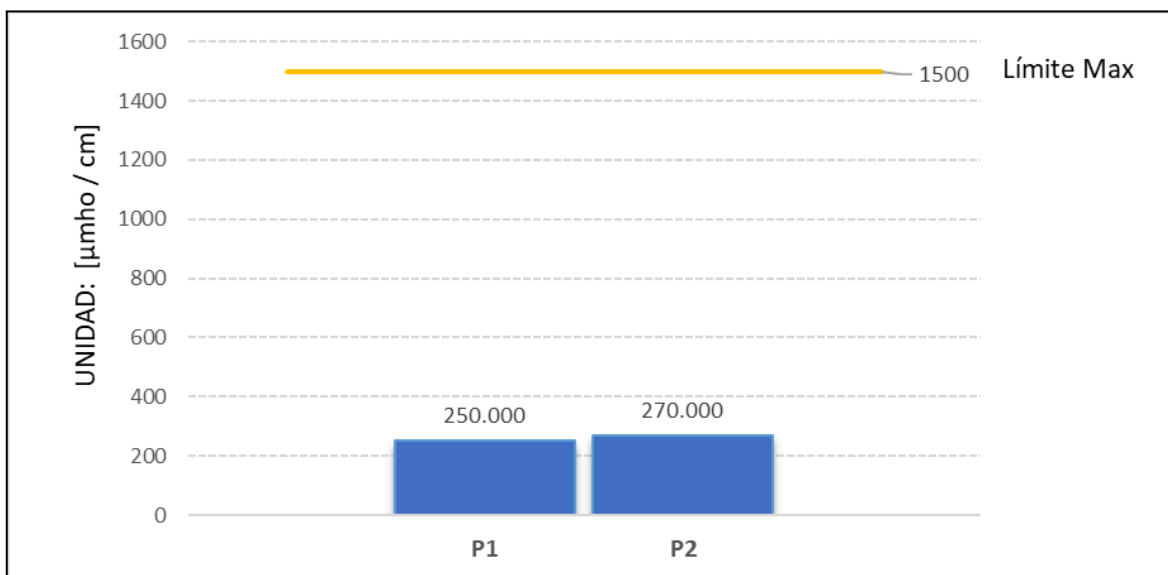


Figura 05: Verificación del cumplimiento del parámetro: Conductividad eléctrica, con los LMP.

En la Figura 05 se presentan los valores de conductividad eléctrica obtenidos en los pozos “P1” y “P2” de la comunidad Choque Jachuni, así como su comparación con el límite máximo permisible establecido para agua destinada al consumo humano. Los resultados muestran que el pozo “P1” registró una conductividad eléctrica de 250,000 µmho/cm, mientras que el pozo “P2” presentó un valor de 270,000 µmho/cm. Ambos resultados se encuentran considerablemente por debajo del límite máximo permisible de 1500 µmho/cm, evidenciando el cumplimiento del parámetro evaluado. Asimismo, se observa que el pozo “P2” presentó una conductividad eléctrica ligeramente superior en comparación con el pozo “P1”, lo que indica una mayor presencia de sales y minerales disueltos en el agua. Esta diferencia puede estar asociada a las características geológicas del subsuelo y al grado de interacción del agua con materiales minerales presentes en el acuífero. La conductividad eléctrica constituye un indicador importante de la cantidad de sustancias iónicas disueltas en el agua, por lo que los valores obtenidos reflejan una mineralización moderada característica de aguas subterráneas. Además, los

resultados evidencian una baja probabilidad de problemas relacionados con salinidad excesiva en las fuentes evaluadas. En consecuencia, se determina que los valores de conductividad eléctrica registrados en los pozos “P1” y “P2” cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para agua de consumo humano.

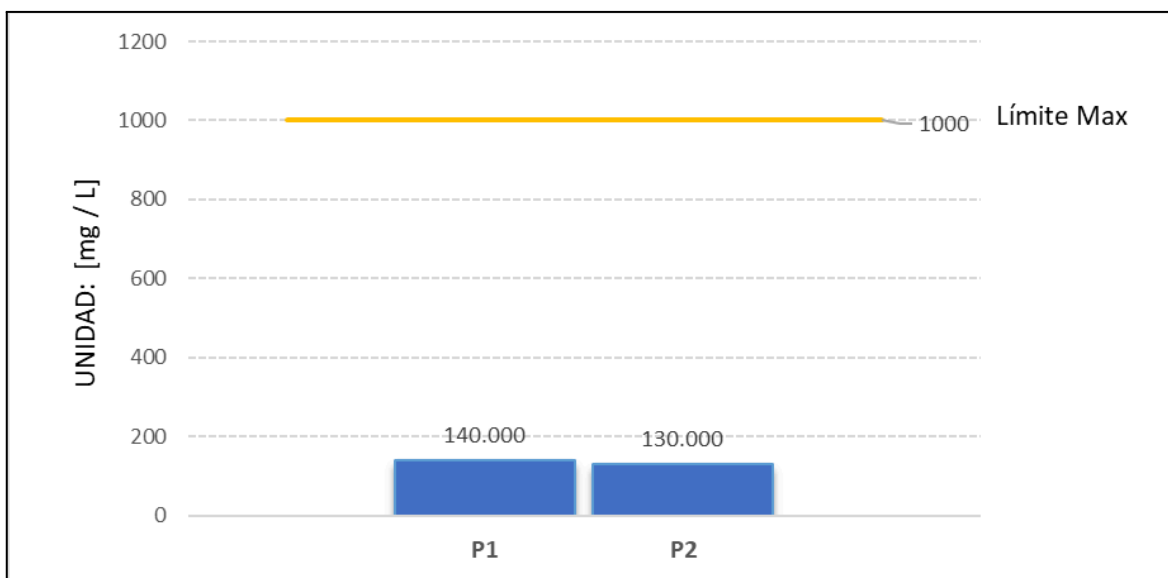


Figura 06: Verificación del cumplimiento del parámetro: Sólidos disueltos totales, con los LMP.

En la Figura 06 se presentan los valores de sólidos disueltos totales obtenidos en los pozos “P1” y “P2” de la comunidad Choque Jachuni, así como su comparación con el límite máximo permisible establecido para agua destinada al consumo humano. Los resultados evidencian que el pozo “P1” registró una concentración de sólidos disueltos totales de 140,000 mg/L, mientras que el pozo “P2” presentó un valor de 130,000 mg/L. Ambos resultados se encuentran ampliamente por debajo del límite máximo permisible de 1000 mg/L, indicando el cumplimiento del parámetro evaluado. Asimismo, se observa que el pozo “P1” presentó una concentración ligeramente superior respecto al pozo “P2”, lo que evidencia una mayor cantidad de minerales y sustancias disueltas en el agua. Esta diferencia puede atribuirse a la interacción natural del agua subterránea con los materiales geológicos presentes en el subsuelo. Los sólidos disueltos totales representan la cantidad de sales minerales, compuestos inorgánicos y pequeñas cantidades de materia orgánica presentes en el agua. En ese sentido, los valores obtenidos reflejan una

mineralización moderada característica de aguas subterráneas y una baja concentración de sustancias disueltas. Además, los resultados muestran relación con la conductividad eléctrica registrada en ambos pozos, debido a que ambos parámetros se encuentran directamente asociados al contenido iónico del agua.

En consecuencia, se determina que los valores de sólidos disueltos totales registrados en los pozos "P1" y "P2" cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para agua de consumo humano.

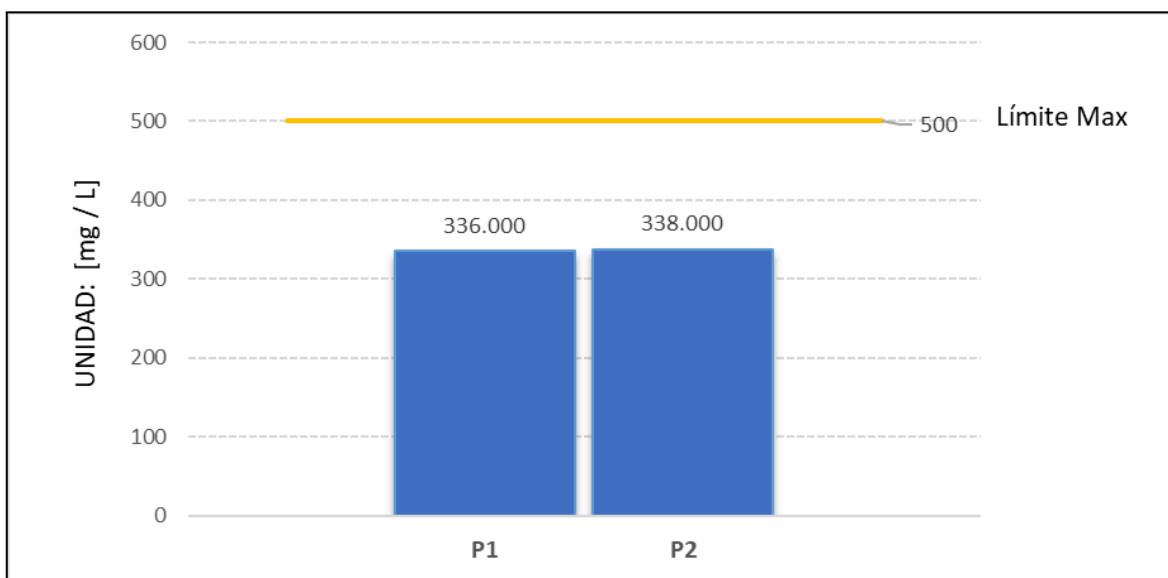


Figura 07: Verificación del cumplimiento del parámetro: Dureza total, con los LMP.

En la Figura 07 se presentan los valores de dureza total obtenidos en los pozos "P1" y "P2" de la comunidad Choque Jachuni, así como su comparación con el límite máximo permisible establecido para agua destinada al consumo humano. Los resultados muestran que el pozo "P1" registró una dureza total de 336,000 mg CaCO₃/L, mientras que el pozo "P2" presentó un valor de 338,000 mg CaCO₃/L. Ambos resultados se encuentran por debajo del límite máximo permisible de 500 mg CaCO₃/L, evidenciando el cumplimiento del parámetro evaluado. Asimismo, se observa que el pozo "P2" presentó una dureza ligeramente superior respecto al pozo "P1"; sin embargo, la diferencia entre ambos valores es mínima, lo que indica características químicas similares en las dos fuentes de agua subterránea. La dureza total del agua se encuentra relacionada principalmente con la presencia de sales de calcio y magnesio disueltas, las cuales

proviene de la interacción del agua con rocas y materiales minerales del subsuelo. En ese sentido, los valores obtenidos reflejan una presencia considerable de estos minerales, característica común en aguas subterráneas. Además, la concentración de calcio y magnesio registrada en ambos pozos explica el comportamiento de la dureza total observada en las muestras analizadas. Altos niveles de dureza pueden favorecer la formación de incrustaciones en recipientes y sistemas de conducción de agua; sin embargo, los valores obtenidos permanecen dentro de los rangos establecidos para agua de consumo humano.

En consecuencia, se determina que los valores de dureza total registrados en los pozos “P1” y “P2” cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para agua destinada al consumo humano.

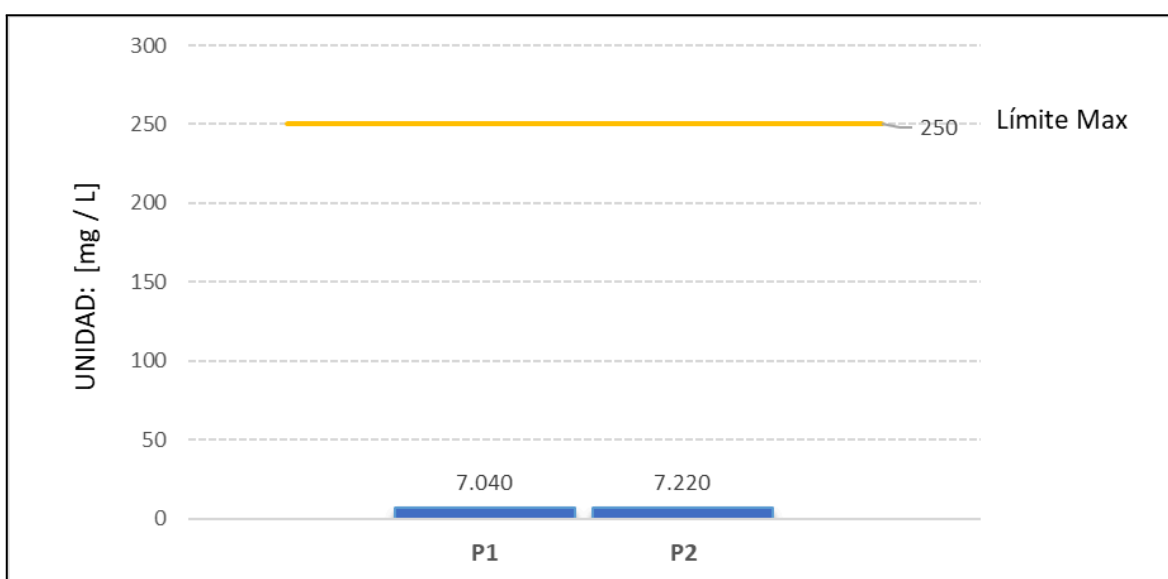


Figura 08: Verificación del cumplimiento del parámetro: Cloruros, con los LMP.

En la Figura 08 se presentan los valores de cloruros obtenidos en los pozos “P1” y “P2” de la comunidad Choque Jachuni, así como su comparación con el límite máximo permisible establecido para agua destinada al consumo humano. Los resultados evidencian que el pozo “P1” registró una concentración de cloruros de 7,040 mg Cl/L, mientras que el pozo “P2” presentó un valor de 7,220 mg Cl/L. Ambos resultados se encuentran considerablemente por debajo del límite máximo permisible de 250 mg Cl/L, indicando el cumplimiento del parámetro evaluado. Asimismo, se observa que el pozo

“P2” presentó una concentración ligeramente superior respecto al pozo “P1”; sin embargo, la diferencia entre ambos valores es mínima, evidenciando características químicas similares en las dos fuentes de agua subterránea. Los cloruros son compuestos que se encuentran naturalmente en el agua debido a la disolución de minerales presentes en el suelo y las rocas. Concentraciones elevadas pueden estar asociadas a procesos de salinización o contaminación por actividades domésticas y agrícolas; no obstante, los valores obtenidos reflejan una baja presencia de este ion en el agua analizada. Además, las concentraciones registradas indican una escasa influencia de contaminación salina en los pozos evaluados, lo que evidencia condiciones fisicoquímicas relativamente favorables del recurso hídrico subterráneo.

En consecuencia, se determina que los valores de cloruros registrados en los pozos “P1” y “P2” cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para agua de consumo humano.

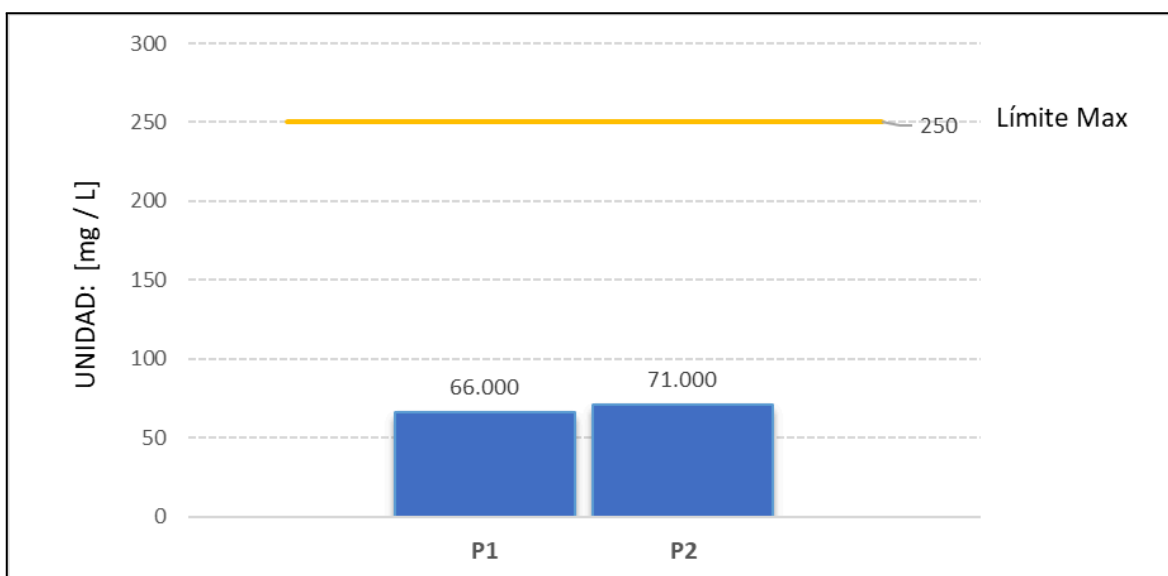


Figura 09: Verificación del cumplimiento del parámetro: Sulfatos, con los LMP.

En la Figura 09 se presentan los valores de sulfatos obtenidos en los pozos “P1” y “P2” de la comunidad Choque Jachuni, así como su comparación con el límite máximo permisible establecido para agua destinada al consumo humano. Los resultados muestran que el pozo “P1” registró una concentración de sulfatos de 66,000 mg SO_4/L , mientras que el pozo “P2” presentó un valor de 71,000 mg SO_4/L . Ambos resultados se

encuentran por debajo del límite máximo permisible de 250 mg SO₄/L, evidenciando el cumplimiento del parámetro evaluado. Asimismo, se observa que el pozo “P2” presentó una concentración ligeramente superior respecto al pozo “P1”, lo que indica una mayor presencia de compuestos sulfatados disueltos en el agua. Esta diferencia puede estar relacionada con la composición geológica del subsuelo y la disolución natural de minerales sulfurados presentes en el acuífero. Los sulfatos constituyen compuestos minerales comunes en aguas subterráneas y su presencia se encuentra asociada principalmente a procesos naturales de interacción entre el agua y las formaciones rocosas. Concentraciones elevadas pueden influir en las características organolépticas del agua y generar efectos laxantes; sin embargo, los valores obtenidos reflejan concentraciones moderadas de este parámetro. Además, los resultados obtenidos evidencian una baja probabilidad de afectación por contaminación relacionada con actividades industriales o acumulación excesiva de sales minerales en las fuentes evaluadas.

En consecuencia, se determina que los valores de sulfatos registrados en los pozos “P1” y “P2” cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para agua de consumo humano.

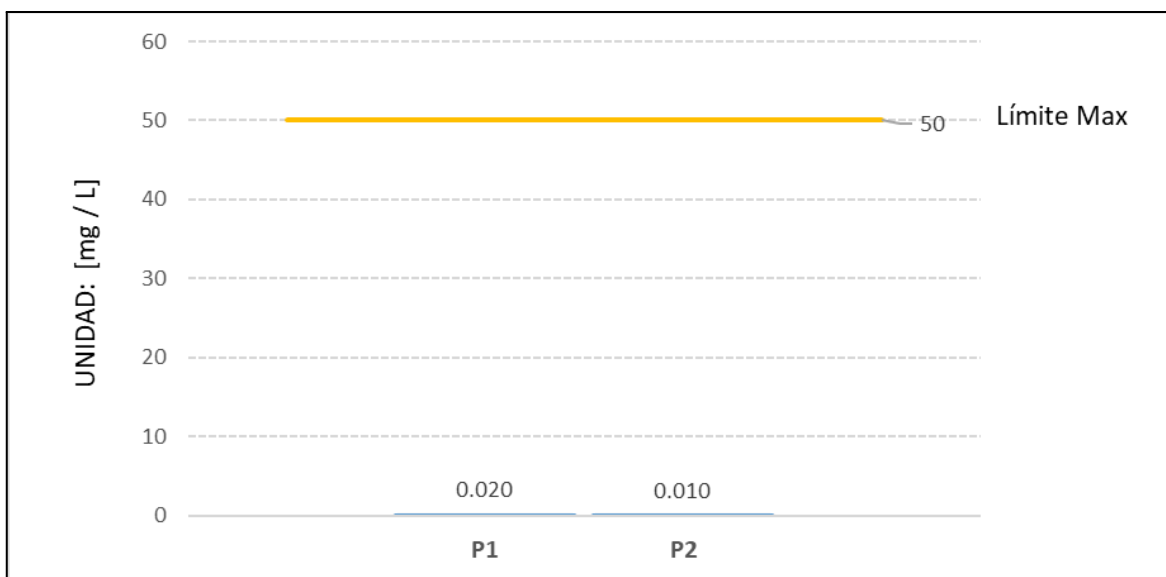


Figura 10: Verificación del cumplimiento del parámetro: Nitratos, con los LMP.

En la Figura 10 se presentan los valores de nitratos obtenidos en los pozos “P1” y “P2” de la comunidad Choque Jachuni, así como su comparación con el límite máximo permisible establecido para agua destinada al consumo humano. Los resultados evidencian que el pozo “P1” registró una concentración de nitratos de 0,020 mg/L, mientras que el pozo “P2” presentó un valor de 0,010 mg/L. Ambos resultados se encuentran considerablemente por debajo del límite máximo permisible de 50 mg/L, indicando el cumplimiento del parámetro evaluado. Asimismo, se observa que el pozo “P1” presentó una concentración ligeramente superior respecto al pozo “P2”; sin embargo, la diferencia entre ambos valores es mínima, evidenciando características similares en la composición química del agua subterránea analizada. Los nitratos constituyen compuestos nitrogenados que pueden incorporarse al agua por procesos naturales de descomposición orgánica o por influencia de actividades agrícolas, domésticas y ganaderas. En concentraciones elevadas, estos compuestos pueden representar riesgos para la salud humana; no obstante, los valores obtenidos reflejan una presencia mínima de nitratos en ambos pozos. Además, las bajas concentraciones registradas sugieren escasa influencia de contaminación asociada al uso de fertilizantes, infiltración de aguas residuales o acumulación de materia orgánica en las fuentes evaluadas.

En consecuencia, se determina que los valores de nitratos registrados en los pozos “P1” y “P2” cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para agua de consumo humano.

4.2.2. CUMPLIMIENTO DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI.

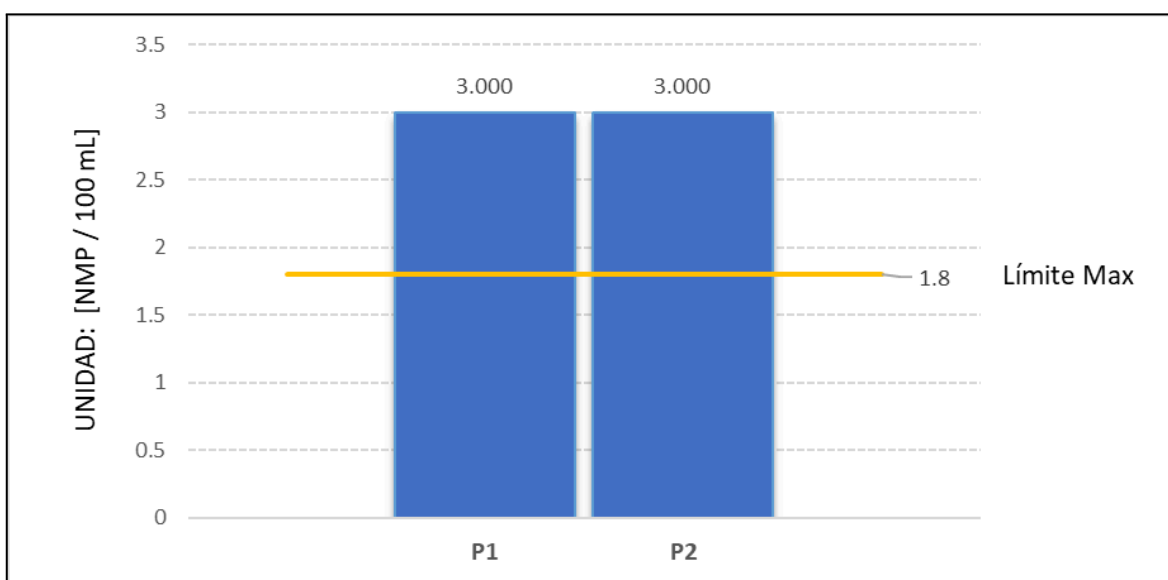


Figura 11: Verificación del cumplimiento del parámetro: Coliformes totales, con los LMP.

En la Figura 11 se presentan los resultados de coliformes totales obtenidos en los pozos “P1” y “P2” de la comunidad Choque Jachuni, así como su comparación con el límite máximo permisible establecido para agua destinada al consumo humano. Los resultados muestran que tanto el pozo “P1” como el pozo “P2” registraron valores menores a 3,000 NMP/100 mL de coliformes totales. Sin embargo, dichos valores no cumplen con el límite máximo permisible establecido de <1,8 NMP/100 mL para agua de consumo humano. La presencia de coliformes totales constituye un indicador de contaminación microbiológica en el agua, debido a que estos microorganismos se relacionan con posibles procesos de contaminación por materia orgánica, infiltraciones superficiales o deficiencias en la protección sanitaria de las fuentes de abastecimiento. Asimismo, aunque los valores detectados corresponden a una concentración mínima de microorganismos coliformes, su presencia evidencia una alteración en la calidad microbiológica del agua subterránea evaluada. Este comportamiento sugiere la posible influencia de factores externos, tales

como actividades domésticas, presencia de residuos orgánicos o filtraciones en el entorno de los pozos. Además, los resultados similares obtenidos en ambos pozos indican condiciones microbiológicas semejantes en las fuentes de agua analizadas, evidenciando que la contaminación biológica detectada podría estar relacionada con características comunes del sistema de abastecimiento o del entorno hidrogeológico.

En consecuencia, se determina que los valores de coliformes totales registrados en los pozos “P1” y “P2” no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para agua de consumo humano, debido a la presencia de contaminación microbiológica en las fuentes evaluadas.

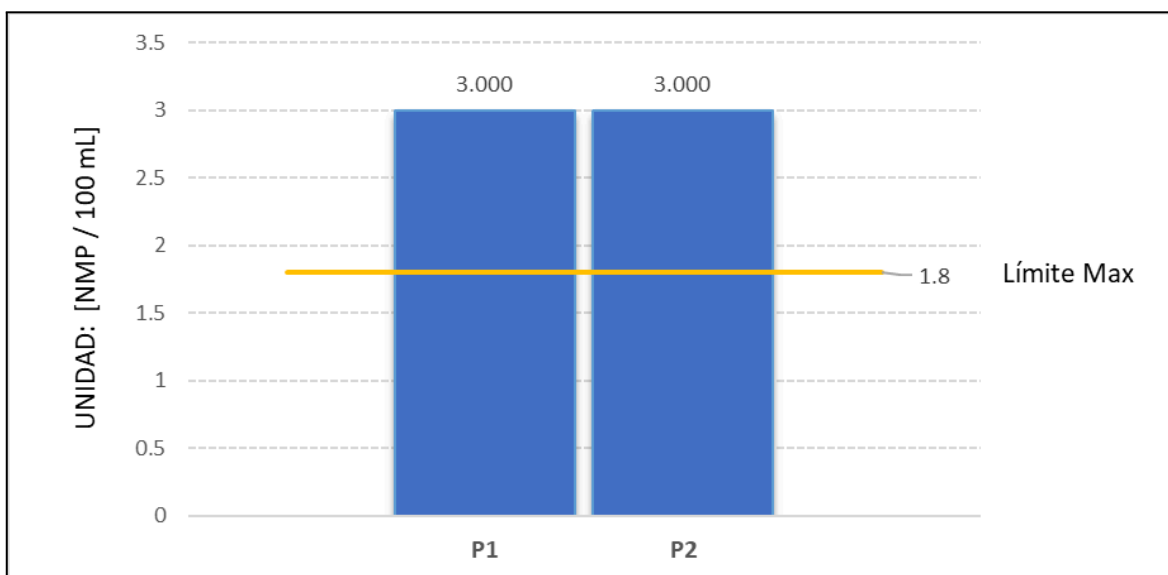


Figura 12: Verificación del cumplimiento del parámetro: Coliformes termotolerantes, con los LMP.

En la Figura 12 se presentan los resultados de coliformes termotolerantes obtenidos en los pozos “P1” y “P2” de la comunidad Choque Jachuni, así como su comparación con el límite máximo permisible establecido para agua destinada al consumo humano. Los resultados muestran que tanto el pozo “P1” como el pozo “P2” registraron valores menores a 3 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes. Sin embargo, dichos resultados no cumplen con el límite máximo permisible establecido de <1,8 NMP/100 mL para agua de consumo humano. Los coliformes termotolerantes constituyen indicadores microbiológicos asociados principalmente a contaminación de origen fecal, por lo que su

presencia en el agua evidencia una alteración en la calidad sanitaria de las fuentes evaluadas. Aunque las concentraciones detectadas son mínimas, los resultados indican la existencia de contaminación microbiológica en ambos pozos.

Asimismo, la presencia de estos microorganismos podría estar relacionada con infiltraciones superficiales, deficiencias en las condiciones de protección de los pozos, presencia de residuos orgánicos o actividades antrópicas desarrolladas en el entorno de las fuentes de agua subterránea. Además, los resultados similares obtenidos en los pozos "P1" y "P2" evidencian comportamientos microbiológicos semejantes, lo que sugiere condiciones sanitarias similares en ambas fuentes de abastecimiento.

En consecuencia, se determina que los valores de coliformes termotolerantes registrados en los pozos "P1" y "P2" no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para agua de consumo humano, debido a la presencia de contaminación microbiológica en el agua evaluada.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación precisamos contradicciones importantes, de acuerdo a los parámetros analizados, pues en la conductividad eléctrica. En la presente investigación se registraron valores de 250,000 y 270,000 $\mu\text{mho/cm}$, superiores a los reportados por Mamani et al. (2022), quienes obtuvieron valores entre 27,5 y 43,06 $\mu\text{S/cm}$, y también mayores a los resultados de Paccari (2025), quien registró una conductividad promedio de 75,30 $\mu\text{S/cm}$. Estas diferencias evidencian que el agua de los pozos de Choque Jachuni presenta una mayor concentración de sales y minerales disueltos. Sin embargo, los valores obtenidos son inferiores a los reportados por Olaya (2024), quien encontró concentraciones de hasta 3730 $\mu\text{S/cm}$, así como a los registrados por Jamachi (2025) con 929 $\mu\text{S/cm}$. Estas variaciones podrían estar relacionadas con las características geológicas, profundidad de los pozos y composición mineral del subsuelo en cada zona de estudio.

Respecto a los sólidos disueltos totales, los resultados de la presente investigación (130,000 y 140,000 mg/L) muestran valores inferiores a los reportados por Choque y Quispe (2023), quienes registraron hasta 389 mg/L, así como a los obtenidos por Olaya

(2024), con concentraciones de hasta 869 mg/L. Esto indicaría que las aguas evaluadas presentan menor carga de sólidos disueltos y menor grado de salinidad en comparación con otros acuíferos estudiados.

En cuanto a la dureza total, los valores obtenidos en los pozos "P1" y "P2" (336,000 y 338,000 mg CaCO₃/L) fueron considerablemente superiores a los reportados por Choque y Quispe (2023), quienes obtuvieron rangos entre 82,00 y 212,00 mg/L, así como a los resultados de Jamachi (2025), que registró 27,55 mg CaCO₃/L. Sin embargo, los valores encontrados son similares a los reportados por Olaya (2024), quien registró durezas entre 330 y 2666 mg/L, y también cercanos a los promedios obtenidos por Paccari (2025) con 357,84 mg/L. Estas diferencias reflejan la influencia de la composición geológica local y la presencia de minerales carbonatados ricos en calcio y magnesio en el agua subterránea. Con relación a los nitratos, los resultados obtenidos en esta investigación (0,020 y 0,010 mg/L) contradicen significativamente los hallazgos de Raheja et al. (2024), quienes reportaron concentraciones entre 15 y 85 mg/L, determinando incluso riesgos no cancerígenos para la población. Asimismo, los valores encontrados en Choque Jachuni son inferiores a los registrados por Jamachi (2025), quien obtuvo 38,44 mg/L. Estas diferencias sugieren que los pozos evaluados presentan una menor influencia de contaminación por fertilizantes agrícolas, residuos orgánicos o infiltraciones domésticas. En el análisis microbiológico también se observan diferencias importantes respecto a los antecedentes revisados. En la presente investigación, tanto los coliformes totales como los coliformes termotolerantes registraron valores de 3 NMP/100 mL en ambos pozos, evidenciando una presencia mínima de contaminación microbiológica. Estos resultados contradicen los reportados por León (2024), quien registró valores extremadamente elevados de coliformes totales entre 220 y 950 NMP/100 mL, indicando una fuerte contaminación fecal. Del mismo modo, los resultados difieren de los obtenidos por Ccapa (2024), quien encontró concentraciones de hasta 290 NMP/100 mL de coliformes totales y 93 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes.

Sin embargo, los resultados microbiológicos de la presente investigación guardan mayor similitud con los estudios realizados por Paccari (2025), Jamachi (2025) y Choque (2025), quienes también reportaron presencia mínima de coliformes en aguas subterráneas destinadas al consumo humano. A pesar de ello, dichos autores concluyen que la detección microbiológica representa una afectación sanitaria que compromete la aptitud del agua para el consumo directo, interpretación que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación.

En términos generales, las diferencias observadas entre los estudios comparados podrían estar asociadas a factores como la profundidad de los pozos, características hidrogeológicas del acuífero, grado de protección sanitaria de las fuentes, condiciones climáticas, actividades agrícolas cercanas y manejo del sistema de abastecimiento de agua. Asimismo, la presencia mínima de coliformes detectada en los pozos evaluados sugiere una posible influencia de contaminación biológica leve, probablemente relacionada con infiltraciones superficiales o condiciones de saneamiento en el entorno de las fuentes de agua subterránea.

4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.4.1 DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Planteamos las siguientes hipótesis:

Ho: La calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave - Puno, es apta para consumo humano.

Ha: La calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave - Puno, no es apta para consumo humano.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las Tablas 03, 04 y 05, así como en las Figuras 04, 05, 06, 07, 08, 09 y 10, los parámetros fisicoquímicos evaluados en los pozos "P1" y "P2" cumplen con los límites máximos permisibles establecidos para agua de consumo humano.

Sin embargo, en las Figuras 11 y 12 se evidencia que los parámetros microbiológicos correspondientes a coliformes totales y coliformes termotolerantes registraron valores

menores a 3,000 NMP/100 mL, superando el límite máximo permisible de <1,8 NMP/100 mL. Estos resultados indican presencia de contaminación microbiológica en ambos pozos evaluados.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se **acepta la hipótesis alterna (H_a)**, concluyéndose que la calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave - Puno, no es apta para consumo humano.

4.4.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 : Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni no presentan valores que exceden los límites establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

H_a : Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni presentan valores que exceden los límites establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las Tablas 03, 04 y 05, así como en las Figuras 04, 05, 06, 07, 08, 09 y 10, se evidenció que los parámetros fisicoquímicos evaluados en los pozos "P1" y "P2", tales como pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza total, cloruros, sulfatos y nitratos, no exceden los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Sin embargo, en las Figuras 11 y 12 se observa que los parámetros microbiológicos correspondientes a coliformes totales y coliformes termotolerantes registraron valores menores a 3,000 NMP/100 mL, excediendo el límite máximo permisible de <1,8 NMP/100 mL establecido por la normativa vigente.

En consecuencia, debido al incumplimiento de los parámetros microbiológicos, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se **acepta la hipótesis alterna (H_a)**, concluyéndose que las concentraciones de algunos parámetros microbiológicos del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni exceden los límites establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

4.4.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

Ho: El agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni cumple con los parámetros de calidad establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para consumo humano.

Ha: El agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni no cumple con los parámetros de calidad establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para consumo humano.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las Tablas 03, 04 y 05, así como en las Figuras 04, 05, 06, 07, 08, 09 y 10, se evidenció que los parámetros fisicoquímicos evaluados en los pozos "P1" y "P2" cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Sin embargo, en las Figuras 11 y 12 se determinó que los parámetros microbiológicos correspondientes a coliformes totales y coliformes termotolerantes no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa, debido a que registraron valores menores a 3,000 NMP/100 mL, superando el límite permitido de <1,8 NMP/100 mL.

En consecuencia, debido al incumplimiento de los parámetros microbiológicos, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y **se acepta la hipótesis alterna (Ha)**, concluyéndose que el agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni no cumple con los parámetros de calidad establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para consumo humano.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se evaluó la calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de llave - Puno, determinándose que, si bien los parámetros fisicoquímicos presentan características relativamente homogéneas y valores moderados de mineralización propios de aguas subterráneas, los análisis microbiológicos evidenciaron presencia de coliformes totales y termotolerantes en ambos pozos. En consecuencia, el agua no cumple con lo establecido en la normativa vigente, por lo que no es apta para el consumo humano directo.

SEGUNDA: Se determinaron las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos evaluados, registrándose valores de pH de 6,950 y 6,790; conductividad eléctrica de 250,000 y 270,000 $\mu\text{mho/cm}$; sólidos disueltos totales de 140,000 y 130,000 mg/L; y dureza total de 336,000 y 338,000 mg CaCO_3/L para los pozos "P1" y "P2", respectivamente. Asimismo, los análisis microbiológicos reportaron valores de 3 NMP/100 mL para coliformes totales y coliformes termotolerantes en ambos pozos, evidenciando presencia microbiológica mínima en el agua subterránea destinada al consumo humano.

TERCERA: Se determinó que los parámetros fisicoquímicos evaluados, tales como pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza total, cloruros, sulfatos y nitratos, cumplen con los valores establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Sin embargo, los parámetros microbiológicos no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por dicha normativa, debido a la presencia de microorganismos indicadores de contaminación biológica en ambos pozos evaluados.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Ilave y a las autoridades responsables de salud ambiental implementar medidas de tratamiento y desinfección del agua de los pozos, tales como la cloración periódica u otros sistemas de potabilización, a fin de reducir la presencia de contaminación microbiológica y garantizar agua segura para el consumo humano de la población de la comunidad Choque Jachuni.

SEGUNDA: Se recomienda a la población usuaria de los pozos de la comunidad Choque Jachuni realizar prácticas adecuadas de almacenamiento y manipulación del agua, así como efectuar mantenimiento y limpieza periódica de las estructuras de captación, con el propósito de prevenir el ingreso de agentes contaminantes y conservar las condiciones fisicoquímicas del recurso hídrico.

TERCERA: Se recomienda a la Dirección Regional de Salud (DIRESA) Puno y a las entidades competentes realizar monitoreos continuos de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua subterránea en la comunidad Choque Jachuni, verificando el cumplimiento de los parámetros establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, a fin de proteger la salud de la población y prevenir riesgos sanitarios asociados al consumo de agua contaminada.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, O., & Navarro, B. (2018). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de LlañucanCHA del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017. *Universidad Tecnológica de los Andes*.
<http://repositorio.utea.edu.pe/jspui/handle/utea/130>
- Bruni, M. (2020). *Pozos excavados (noria) | SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management!*
<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua-del-sistema/captacion/pozos-excavados-%28noria%29>
- Ccapa Huayta, L. C. (2024). Calidad del agua para consumo humano del sector Tunuhiri Grande centro poblado de Ichu-Puno-2023. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/827>
- CEPAL. (2026). *América Latina y el Caribe sigue apostando por la cooperación regional para lograr la Agenda 2030: Concluyó en la CEPAL Foro de Desarrollo Sostenible* | *CEPAL*.
<https://www.cepal.org/es/comunicados/america-latina-caribe-sigue-apostando-la-cooperacion-regional-lograr-la-agenda-2030>
- 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/rpmpesp.2018.352.3719>
- Choque Illacutipa, E. (2025). Evaluación de la calidad de agua subterránea para consumo humano, Distrito de Kelluyo Centro Poblado Chacocollo—Puno, 2025. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1756>
- Choque, M. R. C., & Quispe, L. A. Q. (2023). Evaluación del riesgo de contaminación y la calidad de agua de consumo humano en pozos autoadministrados en el distrito central del municipio de Vinto, Cochabamba – Bolivia. *Ciencia Latina*

Revista Científica Multidisciplinar, 7(4), Article 4.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7325

Collazo, M., & Montaña, J. (2012). *Manual de Agua Subterránea. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca*.
http://aquabook.agua.gob.ar/files/upload/contenidos/10_2/Manual-de-agua-subterranea-Uruguay.pdf

Economist Impact. (2025). *La paradoja de la abundancia y la escasez: La crisis del agua en América Latina*. La gestión del agua en América Latina será crucial, y el liderazgo empresarial puede marcar la diferencia.
<https://privatebank.jpmorgan.com/latam/es/insights/markets-and-investing/the-paradox-of-abundance-and-scarcity-latin-americas-water-crunch>

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>

Gamboa, L. (2023). *Lucha contra la escasez de agua en el Perú*. UNOPS.
<https://www.unops.org/es/news-and-stories/stories/combating-water-scarcity-in-peru>

García, M. (2009). *Contaminación del Agua*.
<https://es.scribd.com/document/602981765/contaminacion-del-agua>

Gardella, V. (2022, octubre 26). *El agua y su problemática mundial*. Agenda Ambiental.
<https://www.agendaambiental.com/post/el-agua-y-su-problematica-mundial>

Gómez-Duarte, O. (2018). Contaminación de agua en países de bajos y medianos recursos es un problema de salud pública global. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(1), 7-8. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>

Hernández, A. (2009). *MANUAL POZOS PROFUNDOS DE AGUA Manual de Pozos Profundos de Agua*.
https://www.academia.edu/7266239/MANUAL_POZOS_PROFUNDOS_DE_AGUA_Manual_de_Pozos_Profundos_de_Agua

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la investigación (5ª ED.)* (Vol. 8). McGraw-Hill Interamericana.

Inforegión. (2025, agosto 31). *Puno: Crisis de agua potable afecta dos barrios por más de una semana* |. <https://inforegion.pe/puno-crisis-de-agua-potable-afecta-dos-barrios-por-mas-de-una-semana/>

ISO. (2007). *Norma Internacional 24510:2007(es): Activities relating to drinking water and wastewater services*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:24510:ed-1:v1:es>

Jamachi Quispe, A. (2025). Calidad de agua en pozos artesianos para consumo humano en la comunidad Ccollpaccota, Distrito de Chucuito—Puno 2024. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1336>

Laura. (2025, noviembre 10). Agua potable—Calidad, normas y control para un consumo seguro. *AGQ Labs Perú*. <https://agqlabs.pe/2025/11/10/agua-potable-calidad-y-control/>

Leon Melgarejo, L. (2024). Calidad del agua subterránea mediante análisis de parámetros microbiológicos y parasitológicos para consumo humano en el Centro Poblado de Barraza del Distrito de Laredo, Provincia Trujillo-2021. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4139>

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=S1683-0789202200200443&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- MINISTERIO DE SALUD. (2010). *Decreto Supremo N.º 031-2010-SA*.
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- 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>
- Olaya Ato, E. V. (2024). *Evaluación de la Calidad Microbiológica y Físicoquímica en Aguas Subterráneas de la Provincia de Sullana*.
<https://repositorio.unf.edu.pe/handle/20.500.14679/317>
- OMS. (2021). *Agua para consumo humano*.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- ONU. (2021). *Comprender las dimensiones del problema del agua*.
<https://onu-habitat.org/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-del-agua>
- ONU. (2022). *Agua y Saneamiento. Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- OXFAM, E. (2016, mayo 8). Principales causas de la contaminación del agua. *Ingredientes que Suman*.
<https://blog.oxfamintermon.org/cuales-son-las-principales-causas-de-la-contaminacion-del-agua/>
- Paccari Amesquita, P. V. (2025). Evaluación de la calidad de agua de los pozos del sector Chachuyo del Centro Poblado de Pucarlaya, distrito de Puno—2024. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1298>
- Portuguez, R. (2008). *Excavación de pozos: Medidas Preventivas Medidas Preventivas*.
https://www.academia.edu/15990540/EXCAVACION_DE_POZOS_Medidas_Preventivas_Medidas_Preventivas
- Raheja, H., Goel, A., & Pal, M. (2024). Assessment of groundwater quality and human health risk from nitrate contamination using a multivariate statistical analysis.

Journal of Water and Health, 22(2), 350-366.
<https://doi.org/10.2166/wh.2024.291>

Ramsar, C. (2010). *El manejo de las aguas subterráneas* (4a edición, Vol. 11).
<https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-11sp.pdf>

Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. C. (2007). *Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019

SUNASS. (2023). *El 10 % la población peruana no tiene agua potable y 23 % no accede al alcantarillado*.
<https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/781301-el-10-la-poblacion-peruana-no-tiene-agua-potable-y-23-no-accede-al-alcantarillado>

Tudesca, R. de J., Avila, H. F., Sisa, A., & Pardo, D. (2015). *Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano: Análisis de tendencia de variables para consolidar mapas de riesgo. El caso de los municipios ribereños del departamento del Atlántico*. Ediciones Uninorte.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=579327>

Vélez, M., Ortiz, C., & Vargas, M. (2011). *Las Aguas Subterráneas Un Enfoque Práctico*. Imprenta Nacional.
<https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadadas/Documents/Aguas-subterranas-enfoque-practico.PDF>

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>

Waller, R. (1992). *La Ciencia del Agua para Escuelas: Pozos subterráneos*.
<https://water.usgs.gov/gotita/earthgwwells.html>

Zaninovich, S. C., & Nuñez, M. G. (2011). Agua: Fuente de vida. En *Problematizaciones sobre los bienes naturales. Visiones alternativas: Una introducción a los temas*

ambientales que nos preocupan. Argentina. Ministerio de Educación. Secretaría de Políticas Universitarias; Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura.
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/120875>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación.

TÍTULO: CALIDAD DE AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI DEL DISTRITO DE ILAVE - PUNO, 2026.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿Cuál es la calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave-Puno, en el año 2026?</p> <p>ESPECÍFICO ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave-Puno, en el año 2026?</p> <p>¿El agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni cumple con los parámetros establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para consumo humano?</p>	<p>GENERAL Evaluar la calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave-Puno, en el año 2026.</p> <p>ESPECÍFICO Determinar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave-Puno, en el año 2026.</p> <p>Determinar el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni en relación con lo establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA</p>	<p>GENERAL La calidad del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave – Puno, no es apta para consumo humano</p> <p>ESPECÍFICO Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni presentan valores que exceden los límites establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.</p> <p>El agua de los pozos de la comunidad Choque Jachuni no cumple con los parámetros de calidad establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA para consumo humano.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Calidad Agua para consumo humano.</p>	<p>Parámetros fisicoquímicos</p> <p>Parámetros microbiológicos</p> <p>Cumplimiento</p>	<p>- pH</p> <p>- Conductividad</p> <p>- Temperatura</p> <p>- Sólidos totales disueltos</p> <p>- Turbidez</p> <p>- Sulfatos</p> <p>- Nitratos</p> <p>- Cloruros</p> <p>- Dureza Total</p> <p>- Coliformes totales</p> <p>- Coliformes termotolerantes</p> <p>LMP del DS 031-2010-SA</p>	<p>Tipo de investigación Descriptiva</p> <p>Diseño de la investigación Descriptiva experimental</p> <p>Área de la investigación de la comunidad Choque Jachuni, distrito de Ilave - Puno.</p> <p>Método Deductivo-cuantitativo.</p> <p>Población La población estudiada encuentra conformada por los pozos de la comunidad.</p> <p>Muestras La muestra de 02 pozos.</p>

Anexo 02: Límites Máximo Permisible conforme al DS 031-2010-SA.

ANEXO I

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. 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

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL^{-1}	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-1} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{2-} \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoniaco	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: Resultados del análisis de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA DE POZO.
MUESTRA P1.

PROCEDENCIA : COMUNIDAD DE CHOQUE JACHUNI – DISTRITO ILAVE
 – PROVINCIA EL COLLAO – DEPARTAMENTO PUNO.

INTERESADA : ELOY PEREZ CHOQUE

MOTIVO : ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA.

FECHA DE MUESTREO : 22/04/2026 (Por el Interesado).

FECHA DE ANÁLISIS : 22/04/2026

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

pH		6.95
C.E.	mS/cm	0.25
Temperatura	°C	12.80
Sólidos Disueltos totales	g/l	0.14

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

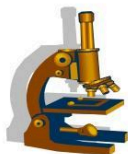
Dureza total (como CaCO ₃)	mg/l	336.00
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	189.11
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	7.04
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/l	66.00
Nitratos (como NO ₃)	mg/l	0.02
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	59.74
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	49.66

DICTAMEN:

La muestra analizada es en base líquido los resultados serán interpretados en el área correspondiente.



ANALISTA DE LAB. CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS
 PLANTAS, BICIMATOLOGÍA DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO : ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA DE POZO.
MUESTRA P2.

PROCEDENCIA : COMUNIDAD DE CHOQUE JACHUNI – DISTRITO ILAVE
– PROVINCIA EL COLLAO – DEPARTAMENTO PUNO.

INTERESADA : ELOY PEREZ CHOQUE

MOTIVO : ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA.

FECHA DE MUESTREO : 22/04/2026 (Por el Interesado).

FECHA DE ANÁLISIS : 22/04/2026

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido

Color : Incoloro

Olor : Inodoro

Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

pH		6.79
C.E.	mS/cm	0.27
Temperatura	°C	13.89
Sólidos Disueltos totales	g/l	0.13

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza total (como CaCO ₃)	mg/l	338.00
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	189.01
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	7.22
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	71.00
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.01
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	59.01
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	47.05

DICTAMEN:

La muestra analizada es en base líquido los resultados serán interpretados en el área correspondiente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
ANALISTA DE LAB. CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS
PLANTAS, BROMATOLOGÍA DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES

Anexo 04: Resultados del análisis de laboratorio de los parámetros microbiológicos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO : ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

PROYECTO : CALIDAD DE AGUA DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD CHOQUE JACHUNI DEL DISTRITO DE ILAVE - PUNO, 2026
PROCEDENCIA : COMUNIDAD DE CHOQUE JACHUNI – DISTRITO ILAVE – PROVINCIA EL COLLAO – DEPARTAMENTO PUNO.
INTERESADA : ELOY PEREZ CHOQUE
MOTIVO : ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO, (muestreo por el interesado)
FECHA DE MUESTREO : 22/04/2026 (Por el Interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 22/04/2026

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS:

PUNTO DE MUESTREO	UNIDAD	RESULTADOS	
		Coliformes Totales	Coliformes Termotolerantes
P1	NMP/100ml	<3	<3
P2	NMP/100ml	<3	<3

INTERPRETACION:

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
 LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
 PUNO - PERÚ

Anexo 05: Galería fotográfica.



Figura 13. Vista panorámica del pozo P1.



Figura 14: Extrayendo agua del pozo P1



Figura 15: Llenando los frascos para las muestras fisicoquímicas y microbiológicas del pozo P1.



Figura 16. Rotulado de las muestras del pozo P1.



Figura 17: Almacenamiento de las muestras del pozo P1, en el cooler.



Figura 18: Vista panorámica del pozo P2



Figura 19: Extrayendo agua del pozo P2



Figura 20: Llenando los frascos para las muestras fisicoquímicas y microbiológicas del pozo P2.



Figura 21: Rotulado de las muestras del pozo P2.



Figura 22: Almacenamiento de las muestras del pozo P2, en el cooler.