

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE POZOS DEL
FUNDO NUEVA ESPERANZA EN EL DISTRITO DE AYAVIRI - 2025**

PRESENTADA POR:

RUTH ESTHER ARELA CJUNO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2026



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



16.85%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 5 FEB 2026, 7:31 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
5.07%

● CHANGED TEXT
11.77%

Report #31312713

RUTH ESTHER ARELA CJUNO // CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE POZOS DEL FUNDO NUEVA ESPERANZA EN EL DISTRITO DE AYAVIRI - 2025 RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri - 2025. La muestra estuvo conformada por dos pozos, de los cuales se recolectaron muestras de agua para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados fisicoquímicos mostraron valores de turbiedad de 3.52 NTU en el Pozo 01 y 4.10 NTU en el Pozo 02; dureza total de 410 y 380 mg CaCO₃/L; cloruros de 235 y 220 mg/L; sulfatos de 98.50 y 98.00 mg/L; y nitratos de 0.58 y 0.45 mg/L respectivamente, los cuales se encuentran dentro de los rangos permitidos. Sin embargo, los parámetros microbiológicos evidenciaron concentraciones elevadas de coliformes totales (35 y 24 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (<5 y <4 NMP/100 mL), superando los valores establecidos para agua apta para consumo humano. El análisis comparativo con los límites máximos permisibles del D.S. N.º 031-2010-SA evidenció que los parámetros fisicoquímicos evaluados cumplen con la normativa vigente; no obstante, los parámetros microbiológicos no cumplen con los límites exigidos, ya que los coliformes totales y termotolerantes superan los valores permisibles (<1.8 NMP/100 mL). Se concluye que la calidad del agua de los pozos del

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

CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE POZOS DEL FUNDO

NUEVA ESPERANZA EN EL DISTRITO DE AYAVIRI - 2025

PRESENTADA POR:

RUTH ESTHER ARELA CJUNO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Dra. MARLENE CUSIMONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO


:



M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

ASESOR DE TESIS

:



Mg. LUIS ALBERTH ROSSEL BERNEDO

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 16 de febrero del 2026.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo, en primer lugar, a Dios, por acompañarme en cada paso de este camino académico, por darme fortaleza en los momentos difíciles y por permitirme seguir avanzando con fe, esperanza y determinación hasta alcanzar esta meta.

A mis padres, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y perseverancia. Gracias por su apoyo incondicional, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por brindarme siempre las herramientas y el amor necesario para no rendirme.

A mis hermanos, por ser parte fundamental de mi vida, por impulsarme a seguir estudiando y por motivarme constantemente a superarme y dar lo mejor de mí.

A mis docentes, por guiar mi formación con paciencia y dedicación, por compartir sus conocimientos y por contribuir significativamente a mi crecimiento profesional y personal.

Finalmente, a mis amistades, quienes estuvieron presentes durante todo este proceso, brindándome palabras de aliento, apoyo y compañía. Gracias por formar parte de este logro y por acompañarme hasta llegar a este momento tan importante.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una sólida formación profesional basada en principios éticos, científicos y humanísticos, que contribuyen al fortalecimiento de mis capacidades y al desarrollo sostenible de mi región.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por la formación académica especializada, el compromiso con la investigación y la promoción de una conciencia ambiental orientada a la solución de los problemas socioambientales.

A los miembros del jurado calificador:

- Dra. Marlene Cusi Montesinos,
- Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda y
- M.Sc. Korina Asqui Gomez,

por su valiosa disposición, observaciones pertinentes y aportes académicos que permitieron mejorar la calidad y rigurosidad de la presente investigación.

De manera especial, a mi asesor, Mg. Luis Alberth Rossel Bernedo, por su acompañamiento constante, orientación metodológica y apoyo académico, los cuales fueron fundamentales para la culminación satisfactoria de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-------------------|-------------|
| DEDICATORIA | 1 |
| AGRADECIMIENTOS | 1 |
| 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 | 15 |
| 1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS | 15 |
| 1.2. ANTECEDENTES | 16 |
| 1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES | 16 |
| 1.2.2. ANTECEDENTE NACIONALES | 17 |
| 1.2.3. ANTECEDENTE REGIONALES Y LOCALES | 18 |
| 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 20 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL | 20 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 20 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|---|-----------|
| 2.1. MARCO TEÓRICO | 21 |
| 2.1.1. EL AGUA DE LOS POZOS Y MANANTIALES | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1.2. LA CALIDAD DEL AGUA | 22 |
| 2.1.3. AGUA PARA CONSUMO HUMANO | 22 |
| 2.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA | 23 |
| 2.1.5. PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA | 24 |
| 2.1.6. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA | 25 |
| 2.1.7. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA | 26 |
| 2.1.8. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA POTABLE | 27 |
| 2.2. MARCO CONCEPTUAL | 28 |
| 2.3. MARCO NORMATIVO | 30 |
| 2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | 31 |
| 2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL | 31 |
| 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS | 31 |
| CAPÍTULO III | |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | |
| 3.1. ZONA DE ESTUDIO | 32 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA | 34 |
| 3.2.1. POBLACIÓN | 34 |
| 3.2.2. MUESTRA | 34 |
| 3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 34 |
| 3.3.1. TIPO | 34 |
| 3.3.2. DISEÑO | 35 |
| 3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICOS | 35 |
| 3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES | 38 |
| 3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO | 38 |
| CAPÍTULO IV | |
| EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | |
| 4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS POZOS | |

| | |
|---|-----------|
| DEL FUNDO NUEVA ESPERANZA EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, 2025 | 40 |
| 4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS POZOS DEL FUNDO NUEVA ESPERANZA EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, DE ACUERDO A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN DS N° 031-2010-SA. | 46 |
| 4.2.1. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS | 46 |
| 4.2.2. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS | 54 |
| 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 56 |
| 4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS | 57 |
| 4.4.1. DE LA HIPÓTESIS GENERAL | 57 |
| 4.4.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA | 58 |
| 4.4.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA | 59 |
| CONCLUSIONES | 61 |
| RECOMENDACIONES | 62 |
| BIBLIOGRAFÍA | 63 |
| ANEXOS | 67 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 01: Límites Máximos Permisibles(LMP) | 27 |
| Tabla 02: Ubicación de los pozos en el fundo Nueva Esperanza. | 34 |
| Tabla 03: Operacionalización de variables. | 38 |
| Tabla 04: Concentración de los parámetros fisicoquímicos. | 40 |
| Tabla 05: Concentración de los parámetros microbiológicos. | 44 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 01: Manantiales y pozos. | 22 |
| Figura 02: Localización de la zona de estudio (Fundo Nueva Esperanza). | 33 |
| Figura 03: Comparación de la concentración de parámetros fisicoquímicos entre los 02 pozos. | 42 |
| Figura 04: Comparación de la concentración de parámetros microbiológicos entre los 02 pozos. | 45 |
| Figura 05: Comparación del pH con los LMP del DS N° 031-2010-SA. | 46 |
| Figura 06: Comparación de la conductividad eléctrica con los LMP del DS N° 031-2010-SA. | 47 |
| Figura 07: Comparación de los sólidos disueltos totales con los LMP del DS N° 031-2010-SA. | 48 |
| Figura 08: Comparación de la turbiedad con los LMP del DS N° 031-2010-SA. | 49 |
| Figura 09: Comparación de la dureza total con los LMP del DS N° 031-2010-SA. | 50 |
| Figura 10: Comparación de los cloruros con los LMP del DS N° 031-2010-SA. | 51 |
| Figura 11: Comparación de los sulfatos con los LMP del DS N° 031-2010-SA. | 52 |
| Figura 12: Comparación de los sulfatos con los LMP del DS N° 031-2010-SA. | 53 |
| Figura 13: Comparación de los coliformes totales con los LMP del DS N° 031-2010-SA. | 54 |
| Figura 14: Comparación de los coliformes termotolerantes con los LMP del DS N° 031-2010-SA. | 55 |
| Figura 15: Vista panorámica del pozo P -1. | 73 |
| Figura 16: Preparando los materiales para la toma de muestra del pozo P - 1. | 73 |
| Figura 17: Extrayendo agua del pozo P - 1. | 74 |
| Figura 18: Rotulando la muestra del pozo P -1 | 74 |
| Figura 19: Vista panorámica de la ubicación de la muestra pozo P - 2. | 75 |
| Figura 20:. Extracción de agua del pozo P - 2. | 75 |

| | |
|---|----|
| Figura 21: Almacenamiento de agua del pozo P - 2 | 76 |
| Figura 22: Rotulación de la muestra de agua del pozo P - 2 | 76 |
| Figura 23: Almacenamiento de las muestras para su análisis en laboratorio. | 77 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación. | 68 |
| Anexo 02: Límites máximos permisibles para agua de consumo humano. | 69 |
| Anexo 03: Análisis de laboratorio del Pozo 01 | 71 |
| Anexo 04: Análisis de laboratorio del Pozo 02. | 72 |
| Anexo 05: Galería fotográfica. | 73 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri - 2025. La muestra estuvo conformada por dos pozos, de los cuales se recolectaron muestras de agua para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados fisicoquímicos mostraron valores de turbiedad de 3.52 NTU en el Pozo 01 y 4.10 NTU en el Pozo 02; dureza total de 410 y 380 mg CaCO₃/L; cloruros de 235 y 220 mg/L; sulfatos de 98.50 y 98.00 mg/L; y nitratos de 0.58 y 0.45 mg/L respectivamente, los cuales se encuentran dentro de los rangos permitidos. Sin embargo, los parámetros microbiológicos evidenciaron concentraciones elevadas de coliformes totales (35 y 24 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (<5 y <4 NMP/100 mL), superando los valores establecidos para agua apta para consumo humano. El análisis comparativo con los límites máximos permisibles del D.S. N.º 031-2010-SA evidenció que los parámetros fisicoquímicos evaluados cumplen con la normativa vigente; no obstante, los parámetros microbiológicos no cumplen con los límites exigidos, ya que los coliformes totales y termotolerantes superan los valores permisibles (<1.8 NMP/100 mL). Se concluye que la calidad del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza, en el distrito de Ayaviri, 2025, no es apta para el consumo humano, ya que, si bien la mayoría de los parámetros fisicoquímicos evaluados (turbiedad, dureza total, cloruros, sulfatos y nitratos) se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el DS N.º 031-2010-SA, los parámetros microbiológicos presentan incumplimientos significativos, especialmente en coliformes totales y coliformes termotolerantes, lo que compromete la seguridad sanitaria del agua.

Palabras claves: Calidad del agua, Coliformes, Microbiológicos, Parámetros fisicoquímicos, Pozos.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the quality of drinking water from the well at the Nueva Esperanza farm in the Ayaviri district in 2025. The sample consisted of two wells, from which water samples were collected for the analysis of physicochemical and microbiological parameters. The physicochemical results showed turbidity values of 3.52 NTU in Well 1 and 4.10 NTU in Well 2; total hardness of 410 and 380 mg CaCO₃/L; chlorides of 235 and 220 mg/L; sulfates of 98.50 and 98.00 mg/L; and nitrates of 0.58 and 0.45 mg/L, respectively, all of which are within the permitted ranges. However, the microbiological parameters showed elevated concentrations of total coliforms (35 and 24 MPN/100 mL) and thermotolerant coliforms (<5 and <4 MPN/100 mL), exceeding the established limits for drinking water. Comparative analysis with the maximum permissible limits of Supreme Decree No. 031-2010-SA showed that the physicochemical parameters evaluated comply with current regulations; however, the microbiological parameters do not meet the required limits, as the total and thermotolerant coliforms exceed the permissible values (<1.8 MPN/100 mL). It is concluded that the water quality of the well at the Nueva Esperanza farm, in the district of Ayaviri, 2025, is not suitable for human consumption. While most of the physicochemical parameters evaluated (turbidity, total hardness, chlorides, sulfates, and nitrates) are within the maximum permissible limits established in Supreme Decree No. 031-2010-SA, the microbiological parameters show significant non-compliance, especially with total coliforms and thermotolerant coliforms, thus compromising the water's safety.

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

INTRODUCCIÓN

El acceso a agua de calidad constituye un factor fundamental para la salud pública, el bienestar social y el desarrollo sostenible, especialmente en zonas rurales y periurbanas donde los sistemas de abastecimiento suelen ser limitados o inexistentes. En este contexto, la presente investigación se desarrolló con el propósito de obtener información concreta y confiable sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua destinada al consumo humano de aproximadamente 80 familias que habitan en el Fundo Nueva Esperanza, quienes dependen exclusivamente de pozos excavados para cubrir sus necesidades diarias.

Los resultados obtenidos permiten disponer de una base técnica que servirá como herramienta de apoyo para las autoridades de salud, los gobiernos locales y las organizaciones sociales, facilitando la toma de decisiones informadas respecto al tratamiento, mantenimiento y mejora del sistema de abastecimiento de agua. Asimismo, la investigación contribuye a la identificación de posibles riesgos sanitarios asociados al consumo de agua subterránea, lo que posibilita la formulación de medidas correctivas y preventivas sustentadas en evidencia científica.

Garantizar la calidad del agua impacta de manera directa en la calidad de vida de la población, ya que el consumo de agua no apta puede generar enfermedades de origen hídrico que afectan principalmente a los grupos más vulnerables. En ese sentido, el presente estudio adquiere relevancia social y sanitaria al buscar proteger la salud de las familias del Fundo Nueva Esperanza, promoviendo una cultura de prevención, cuidado del recurso hídrico y responsabilidad ambiental. Además, la investigación se alinea con el enfoque del derecho humano al acceso al agua potable, contribuyendo a reducir las desigualdades existentes en el acceso a servicios básicos.

Por otro lado, el estudio permite generar conciencia sobre el estado de los recursos hídricos subterráneos en zonas cercanas a vías de tránsito de alta importancia, como la carretera Panamericana, donde la actividad humana puede influir negativamente en la calidad del agua. La identificación de posibles fuentes de contaminación o alteraciones en

sus características fisicoquímicas y microbiológicas favorece la conservación del acuífero local y el uso responsable de las fuentes subterráneas. Este enfoque integral abre la posibilidad de implementar prácticas ecoeficientes que articulen la gestión ambiental con un abastecimiento sostenible del recurso hídrico.

El desarrollo del presente documento se ha organizado de la siguiente manera: el **Capítulo I** aborda el planteamiento del problema, sustentado en información relevante relacionada con la investigación, así como la revisión de antecedentes a nivel internacional, nacional y local, concluyendo con la formulación de los objetivos del estudio. En el **Capítulo II** se presentan los fundamentos teóricos que sustentan la investigación, desarrollando el marco teórico, conceptual y la normatividad nacional vigente, para finalmente plantear las hipótesis del trabajo. El **Capítulo III** describe la metodología empleada, detallando el tipo y diseño de investigación, la zona de estudio, la población y muestra considerada, así como los procedimientos y el análisis estadístico utilizado. Finalmente, en el **Capítulo IV** se exponen, analizan e interpretan los resultados obtenidos, culminando el documento con las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación realizada.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental reconocido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2021). Sin embargo, a nivel mundial, más de 2.200 millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, lo que representa una grave amenaza para la salud pública, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible (Alma, 1978). Esta situación se agrava en zonas rurales y periurbanas donde las infraestructuras de saneamiento son escasas o inexistentes, y donde las fuentes de agua, como pozos o ríos, suelen estar expuestas a diversos tipos de contaminación.

En Latinoamérica, a pesar de los esfuerzos realizados por los gobiernos para mejorar el acceso al agua, todavía existen marcadas desigualdades entre áreas urbanas y rurales. Según datos de la CEPAL y de la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2023), muchas comunidades rurales consumen agua sin tratamiento adecuado, lo que incrementa el riesgo de enfermedades gastrointestinales, parasitarias y otras afecciones relacionadas con la calidad del agua. En zonas altoandinas, como las que se encuentran en la región del altiplano peruano, estas deficiencias se ven agravadas por la falta de control en el uso de recursos hídricos y el escaso monitoreo de pozos y sistemas alternativos de abastecimiento (CEPIS, 2002).

En el Perú, el problema de la calidad del agua para consumo humano continúa siendo un tema crítico, especialmente en las regiones del interior del país. El acceso efectivo al

agua potable segura y continua es limitado en muchas localidades rurales. De acuerdo con el Ministerio de Salud (MINSA, 2021), aún existen numerosas fuentes de abastecimiento que no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. La falta de control y evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de estas fuentes representa un peligro latente para la salud de la población (MINISTERIO DE SALUD, 2010).

En el ámbito local, el Fundo Nueva Esperanza, ubicado frente a la urbanización Nueva Panamericana y al costado de la carretera Panamericana que conecta Ayaviri con Cuzco, es una zona habitada por aproximadamente 80 familias que dependen de un pozo excavado como única fuente de agua para consumo humano. No obstante, se desconoce con certeza si esta fuente cumple con los estándares de calidad establecidos por la normativa nacional. La ausencia de un análisis técnico riguroso y actualizado sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de este pozo podría exponer a la población a riesgos sanitarios, especialmente considerando el crecimiento poblacional y la cercanía a vías de tránsito que podrían contribuir a la contaminación del recurso hídrico.

Ante esta realidad, surge la necesidad de realizar una evaluación integral de la calidad del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza, a fin de garantizar su aptitud para el consumo humano y prevenir posibles efectos adversos en la salud de sus habitantes.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo es la calidad del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025?
- ¿Cumplirán las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva

Esperanza en el distrito de Ayaviri, con los límites máximos permisibles según D.S. N° 031-2010-SA?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Choque y Quispe (2023), realizaron en el Distrito Central del Municipio de Vinto (Cochabamba- Bolivia), análisis de los parámetros de calidad del agua de pozos comparados con los valores máximos según la norma NB 512. Todos los pozos cumplen con el rango de pH permitido (6,5–9,0), con valores entre 6,07 (OTB) y 7,93 (Cercado 1.er pozo). La turbiedad solo supera el límite de 5 NTU en el pozo de OTB (18 NTU). La conductividad está dentro del límite de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con valores entre 235,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Cercado 1.er pozo) y 588,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (OTB). En coliformes totales, solo el primer pozo del Cercado presenta 3 UFC/100 ml, cuando el valor permitido es 0; Respecto a los sólidos disueltos, todos están por debajo de 1000 mg/L, siendo el máximo 389 mg/L (OTB). La alcalinidad (máx. permitido: 370 mg/L) varía entre 46,55 mg/L (OTB) y 142,50 mg/L (Cercado 2.º pozo). El calcio oscila entre 20,84 mg/L (Cercado 1.er pozo) y 44,89 mg/L (Campos Verdes), dentro del límite de 200 mg/L. Los cloruros se encuentran muy por debajo del máximo de 250 mg/L, con un valor máximo de 47,00 mg/L (OTB); El color supera el límite de 15 unidades Pt-Co en OTB (31), Cercado 1.er pozo (51), Cercado 2.º pozo (39) y Rodríguez (11). En cuanto a la dureza (límite: 500 mg/L), los valores varían de 82,00 a 212,00 mg/L. El hierro total sobrepasa el límite de 0,30 mg/L en todos los pozos excepto Campos Verdes (0,04 mg/L). El manganeso también excede el límite de 0,10 mg/L en todos los casos menos Campos Verdes (<0,02 mg/L). Finalmente, el sodio (máx. 200 mg/L) y los sulfatos (máx. 400 mg/L) se encuentran dentro de los valores permitidos en todos los puntos, con máximos de 65,30 mg/L y 108,19 mg/L, respectivamente.

Benavides et al. (2023), caracterizaron el agua de pozo de los caseríos Los Encuentros, El Anono y El Hervedor - El Salvador. Para ello seleccionaron al azar seis pozos. Los resultados demostraron que los pozos de agua tienen contaminación máxima por

arsénico (0.09 mg/L), manganeso (0.57 mg/L), hierro (0.45 mg/L), níquel (0.390 mg/L) y plomo de (0.01 mg/L). En todos los pozos de agua hay contaminación por bacterias coliformes (1.00 a 2,419.6 NMP/100 mL (número más probable)), *Escherichia coli* (<1.00 a >2,419.6 NMP/100 mL) y *Pseudomonas aeruginosa* (1.00 a 1,119.90 NMP/100 mL), los cuales no cumplen con el Reglamento Técnico Salvadoreño, por tanto, el agua de todos los pozos muestreados de los caseríos en estudio no es apta para el consumo humano.

1.2.2. ANTECEDENTE NACIONALES

Ñahui (2023), analizó la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados de Yauli- Huancavelica, obteniendo como resultado que: en el centro poblado de Izcumachay y Villa Hermoza los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con el DS N 004-2017-MINAM están en perfecto estado y está apto para el consumo humano, pero en los análisis microbiológicos se alteraron los parámetros coliformes totales que llegaron a 55 y el límite máximo es de 50 y en los coliformes fecales llegaron a 30 siendo el límite máximo es 30 mientras, también en el centro poblado de Torreccacca los parámetros físico químicos según el DS N°004-2017-MINAM están apto para el consumo humano mientras en el análisis microbiológico se alteraron los parámetros igualmente de coliformes totales que llegó a 60 y coliformes fecales llegó a 25 mientras que en el parámetro *Escherichia coli* está en los límites permisibles y en el centro poblado de Choca I los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con el DS N°004-2017-MINAM están en perfecto estado y está apto para el consumo humano.

Elías et al. (2022), evaluó la calidad del agua de pozos del sector Porvenir La Caña, distrito de Virú. Los resultados obtenidos muestran que las aguas de los pozos en el sector de estudio presentan en promedio coliformes totales en un rango de 87 – 1175 NMP/100ml y termotolerantes en un rango de 2.7 - 16.1 NMP/100ml; sobrepasando los límites máximos permisibles por El Reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano (DS 031-2010-SA), según su anexo 1. Motivo por el cual se da en este trabajo una alternativa económica para hacerla apta y cumplir con la normatividad vigente.

Hurtado (2021), realizó su investigación en el centro poblado de Quillazu la cual tiene tres captaciones como son: Captación “Quillazú I Sector”, Captación “Quillazú (Progreso 01)” y Captación “Quillazú (Progreso 02)”, cuyo objetivo fué establecer si los parámetros físico – químicos y microbiológicos en las diversas captaciones del centro poblado de Quillazu cumplen con los parámetros del D.S. N° 004 – 2017 – MINAM modificó los ECA – Agua. La comparación del sistema de hipótesis se realizó mediante la prueba de la “T” Student, procesada en el SPSS V22. para obtener los resultados. Respecto a la observación físico – químico y microbiológico de las captaciones “Quillazú I Sector”, Captación “Quillazú (Progreso 01)” y Captación “Quillazú (Progreso 02); se tiene los siguientes resultados de los parámetros físico – químicos los cuales cumplen con la norma legal vigente, por otra parte, los resultados microbiológicos no cumplen con lo establecido en el D.S. N° 004 – 2017 – MINAM.

1.2.3. ANTECEDENTE REGIONALES Y LOCALES

Jamachi (2025), evaluó la calidad de agua de los pozos artesianos para el consumo humano de acuerdo a los LMP del D.S. N° 031-2010-SA en la comunidad de Ccollpaccota, distrito de Chucuito, donde los parámetros físicos como temperatura del agua fue de 16.3 °C, la turbidez de 5.19 NTU, ligeramente por encima de los límites establecidos. La conductividad eléctrica fue de 929 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) según el DS N° 031-2010-SA. Los parámetros químicos, se registraron con valores dentro de los LMP: pH 8.21, cloruros 140.32 mg/L, sulfatos 75.88 mg SO_4/L , sodio 23.0 mg Na/L, dureza total 27.55 mg CaCO_3/L y nitratos 38.44 mg NO_3/L . Sin embargo, los coliformes totales presentaron un rango de 3 - 7 NMP/100 ml, superando el límite permitido de <1.8 NMP/100 ml, mientras que los coliformes termotolerantes estuvieron por debajo del límite con valores de (<1 NMP/100 ml) concluyendo que no es apta para su consumo directo.

Alvarez (2025), evaluó la calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, los resultados fueron: los valores de los parámetros físicos, químicos fueron los siguientes: pH: 7.5 ,

conductividad eléctrica: 0.08 [mS/cm], temperatura: 16 [°C], dureza total: 19 [mg CaCO₃/L], alcalinidad: 22.18 [mg/L], Cloruros (Cl⁻): 8.51 [mg Cl/L], Sulfatos: (SO₄⁻²): 56 [mg SO₄/L], Nitratos (NO₃⁻): 0 [mg NO₃/L], Calcio (Ca⁺⁺): 2.28 [mg/L], Magnesio (Mg⁺): 3.21 [mg/L], sólidos disueltos totales: 0.04 [mg/L], y para los parámetros microbiológicos: coliformes totales: 10 [NMP/100 ml] y Coliformes termotolerantes: 0 [NMP/100 ml]. donde se concluye que el agua potable consumida por los habitantes del centro poblado de Hanajquia no es de calidad adecuada.

Mamani (2025), evaluó la calidad del agua para consumo humano del manantial de Huallatiri en el distrito de Desaguadero de la provincia de Chucuito, siendo los resultados para los parámetros fisicoquímicos los siguientes: la temperatura 10.88 °C, pH 7.07, conductividad 1697.50 [umho/cm], sólidos disueltos totales 798.50 [mg/L], salinidad 0.92 [PSU], oxígeno Disuelto 2.53 [mg/L] y para los parámetros microbiológicos los valores siguientes: bacterias coliformes totales con un valor menor a 3.0 /100 ml, coliformes termotolerantes igual a 25.0 /100 ml, coliformes fecales menor a 1.0 /100 mL, escherichia coli menor a 1.0 /100 mL y organismos de vida libre (como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos) igual a 4.5 x 10⁶ [Nº org/L]; concluyendo que la calidad del agua para consumo humano del manantial de Huallatiri en el distrito de Desaguadero de la provincia de Chucuito no es apta para consumo humano.

Escobar (2024), evaluó la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos para el consumo humano en el centro poblado de Vilcachile, llave. En el análisis de los parámetros físico-químicos del agua de los pozos de Vilcachile, se obtuvo los siguientes resultados, el pH varió entre 6,67 y 7,02, lo que indica un rango ligeramente ácido a neutro y cumple con el Estándar establecido. La temperatura se mantuvo constante en 14°C en todos los pozos. La conductividad eléctrica mostró variaciones, con valores entre 97,80 y 117,70 uS/cm, indicando baja salinidad. Respecto a los parámetros microbiológicos, se reportó una ausencia casi total de bacterias coliformes totales y fecales en las muestras, con valores <1 UFC/100 ml,

estos resultados demuestran que el agua de los pozos es apta para el consumo humano, por lo que está acorde con criterios de calidad establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Ccapa (2024), evaluó la calidad del agua para consumo humano del Sector Tunuhiri Grande Centro Poblado de Ichu. Tomando 05 puntos estratégicos de muestreo de la red de distribución de agua se obtuvieron los siguientes resultados: concentraciones de turbiedad entre 0.0012 y 0.0015 UNT, color de 11 a 14 UCV escala Pt/Co y pH de 6.5 a 7.26, valores que no representan relativamente altos con relación a los LMP, a excepción del parámetro cloro residual, que se obtuvo en todas las muestras 0 mg/L-1 fuera del rango establecido en los LMP, por otro lado, se resalta la presencia de coliformes totales con valores de 7.2 entre 290 NMP/100 ml, y coliformes termotolerantes con 3.6 a 93 NMP/100 ml, ambos presentan mayor concentración en el PM-5 y menor concentración en el PM-4 sobrepasando excesivamente los LMP establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. Concluyendo que el agua que consumen los pobladores, no es apta para su consumo humano.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025.
- Realizar el análisis comparativo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, de acuerdo a los límites máximos permisibles según DS N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. EL AGUA DE LOS POZOS Y MANANTIALES

Los manantiales son fuentes de agua del subsuelo que se hacen visibles. Estas aguas subterráneas viajan por el suelo transportando una gran cantidad de minerales, restos orgánicos, gases y bacterias. El desarrollo natural que purifica y experimenta el agua de manantial al filtrarse por las distintas capas freáticas se ha relacionado históricamente con el agua de alta calidad. Para actividades como el senderismo, el excursionismo u otras actividades al aire libre, la gente suele utilizar los manantiales como sustituto del suministro público de agua. Aunque depende de una serie de condiciones, es esencial mantener un control analítico sobre ella para garantizar que sea segura y potable para el ser humano (Chico, 1977)

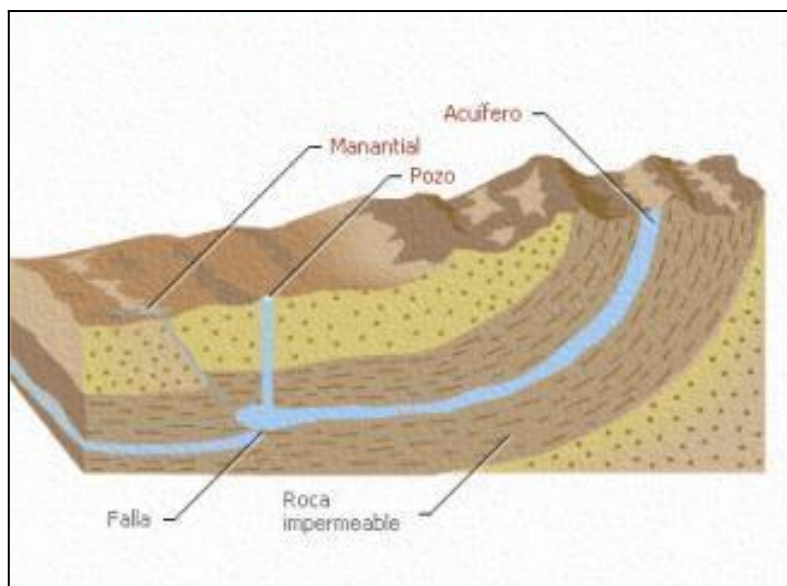


Figura 01: Manantiales y pozos.

Fuente: (Herrera & Castilla, 2012).

2.1.2. LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua hace referencia al grado en que el agua resulta adecuada para su beneficio previsto, esto involucra que el agua debe cumplir con ciertas normas de calidad para ser considerada segura y salubre tanto para el consumo humano, como el cultivo, la manufactura y el esparcimiento, se ve comprometida por una diversidad de criterios, tales como la contaminación, el desgaste del suelo, el cambio meteorológico y la explotación desmedida de los medios hídricos. Por consiguiente, resulta decisivo llevar a cabo una fiscalización continua y realizar arreglos continuos en la calidad del agua con el fin de asegurar su disposición y sustentabilidad a largo plazo (Chávez & Alberto, 2018).

2.1.3. AGUA PARA CONSUMO HUMANO

El elemento esencial para la vida debe cumplir con los estándares específicos relacionados con el sabor, olor, color, turbidez, pH y otros parámetros físicos y químicos, así garantizar su potabilidad y admisibilidad para el consumo de la población. Es elemental tener en cuenta la procedencia del agua, ya sea de fuentes subterráneas o no subterráneas, y llevar a cabo una evaluación minuciosa de su calidad en todas las etapas, desde la fuente hasta su distribución a la población. Adoptar un ángulo integral en

el tratamiento del agua resulta básico para sostener que reúne las características y condiciones necesarias para ser considerado de alta calidad y sanidad necesarios para su consumo humano (DIRESA, 2018).

2.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

La capilaridad del agua, su elevado calor específico, su fuerza de cohesión entre moléculas y su capacidad disolvente son algunas de sus propiedades físicas. Debido a estas características, el agua es esencial para las actividades biológicas y el funcionamiento general de la naturaleza. Como el agua es un disolvente universal, en ella pueden disolverse una gran variedad de compuestos. Además, el agua es casi incompresible debido a los fuertes enlaces que mantienen unidas sus moléculas. El agua regula la temperatura de los organismos vivos y de la biosfera gracias a su suficiencia para chupar grandes porciones de calor. Por último, pero no por ello menos importante, la capilaridad del agua, necesaria para funciones biológicas como el transporte de agua en las plantas, le permite elevarse por las superficies a pesar de la fuerza de la gravedad (WHO, 1995).

Las aguas normales, en asociación con distintos componentes como la discusión, el suelo, la vegetación y el subsuelo, unen sustancias por desintegración o arrastre, así como a través del comercio con determinados gases. En expansión, la proximidad de diversas formas de vida oceánica contribuye a las formas orgánicas, incluyendo la retención y descarga de diferentes sustancias. La composición química de las aguas dulces puede cambiar significativamente debido a componentes como las características del territorio y las concentraciones de gases descompuestos. Los compuestos comunes incluyen carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos como componentes principales, y fosfatos, silicatos y metales como componentes secundarios, así como gases descompuestos como oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono como componentes minoritarios (Dirección Regional de Salud Moquegua, 2021).

Pequeñas cantidades de metal, fosfatos, silicato y gases disueltos, como CO₂, nitrógeno y oxígeno, forman parte de la estructura. Gases disueltos, como CO₂, nitrógeno y oxígeno.

La composición química de la sustancia en su estado natural se compone de agua, y puede ser alterada por el ser humano a través del cultivo, la manufactura, la ganadería y la agricultura, entre otras actividades. A partir de ahí, este proceso puede adoptar formas muy diversas, como la mezcla de múltiples fuentes mediante el vertido de agua sobrante o la filtración de diversas sustancias químicas en el suelo (Chávez & Alberto, 2018)

2.1.5. PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA

Color. El color del agua es un tono líquido creado por la presencia de diversas sustancias disueltas o suspendidas dentro del líquido. Estos pueden ser de origen natural, como material vegetal orgánico o hierro, o pueden ser el resultado de actividades humanas, como la contaminación industrial o agrícola. El color del agua varía desde tonos claros a verdosos, amarillentos, parduscos e incluso rojizos, dependiendo de la composición química y biológica presente. Medir y analizar el color del agua es una señal importante de la calidad ambiental y puede afectar la potabilidad (Ambientum, 2022).

Turbidez. Se debe a la existencia de partículas en suspensión, lo que reduce su claridad. Aunque una alta turbidez puede indicar contaminación, también puede ser causada por procesos naturales como el desgaste del suelo y el deterioro de la vegetación. La medición se realiza en unidades nefelométricas (NTU), y la OMS considera aceptable un valor inferior a 5 NTU para el consumo humano. Sin embargo, una turbidez elevada puede afectar la eficacia de los desinfectantes, ya que los microorganismos pueden quedar protegidos en las partículas suspendidas. Por lo tanto, mantener una baja turbidez es crucial para garantizar la efectividad del proceso de desinfección (Sanches, 2015).

Conductividad Establece la cantidad de sales solubles presentes en el agua, así como su capacidad de disolución. que las sales solubles en el agua se disuelven en iones repletos de carga positiva y negativamente, que conducen la electricidad cuando entran en contacto entre sí. La ventaja de este parámetro físico no indica que los demás parámetros estén por encima de los valores normales (Barrenechea, 2004).

Sólidos Totales Disueltos La principal fuente de estos sólidos totales disueltos en suspensión es la erosión del suelo. Se trata de partículas minúsculas que son

objetivamente identificables e incapaces de separarse. Además, al crear una reacción fisiológica adversa en el consumidor, estos sólidos disueltos totales favorecen el crecimiento del plancton en el agua y repercuten en la calidad (Blesa, 2012).

2.1.6. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA

Potencial hidrógeno (pH). Esta propiedad del agua se sustenta en la acumulación de iones de hidrógeno en ella y establece si es básica, neutra o ácida. El pH del agua pura se sitúa en torno a 7; cualquier desviación de este valor debe hacer sospechar de una contaminación por metales pesados u otros materiales de origen humano. Es preferible medir este parámetro en el lugar de muestreo. Los valores inferiores a 7 en la escala de pH indican acidez, mientras que los superiores a 7 indican alcalinidad. La escala de potencial de Hidrógeno tiene un rango de 0 a 14 unidades. Técnicamente hablando, si el pH es superior a 9,6 o inferior a 4,4, es significativo y se denomina alcalinidad o acidez titulable (Flowers et al., 2022)

Cloruros. En el agua, una de las sustancias químicas más prevalentes es el cloruro es una señal de contaminación del agua porque es una señal que indica contaminada y no es apta, es un ion que no suponga una amenaza para la potabilidad. Esto ha aumentado como resultado de la actividad humana, ya que las aguas que se producen de forma natural varían mucho en sus niveles de cloruros; el agua con mayor nivel de cloruros tiene una salinidad distintiva e inmediatamente reconocible (Ambientum, 2022).

Sulfatos. La oxidación del mineral sulfito causada por la disolución del agua al filtrarse desde las aguas superficiales a las subterráneas a través de las formaciones rocosas es uno de los orígenes de la mayoría de los compuestos sulfatados. Precaución: Los animales experimentaron diarrea a concentraciones de sulfato superiores a 1600 mg/l. Cuando las personas toman cantidades de 1000 a 1200 mg/l, se produce un efecto laxante similar al de la diarrea animal (Sierra, 2011).

La ingesta de agua sulfatada con alto contenido en sulfatos provocaba problemas gastrointestinales, como deshidratación, gastritis e irritación del tracto digestivo. Cuando se mezclan calcio y magnesio, el agua sulfatada también tiene un efecto laxante. La

idoneidad del agua para el consumo humano podría verse afectada por los sulfatos, que pueden encontrarse en el agua hasta 400 mg/l (Blesa, 2012)

Dureza Total La combinación de dos concentraciones de iones, ya sea en forma de carbonatos o bicarbonatos, de magnesio, calcio, estroncio y bario da como resultado la dureza total, carbonatos o bicarbonatos, el nivel de dureza del agua debe ser inferior a 60 mg/l de carbonato cálcico, o inferior a 60 mg/l de carbonato cálcico blando, el agua blanda se define como la que tiene una dureza inferior a 250 o 350 mg/l; el agua dura se sitúa más allá de este intervalo (Samboni et al., 2007).

Nitratos Son iones que se localizan en la naturaleza diluidos en agua, están constituidos por tres partículas de oxígeno, uno de nitrógeno y una carga negativa (NO^3^-). El ciclo natural del nitrógeno es el causante de su existencia en las aguas no subterráneas o subterráneas; sin embargo, en algunos lugares, este ciclo ha cambiado, provocando un aumento de las concentraciones de nitratos. Esto se debe principalmente al usar excesivamente abono nitrogenado y a su consecuente deslizamiento por el riego o las precipitaciones. En la actualidad, el nivel máximo admisible de nitratos en el agua potable de la Comunidad Económica Europea es de 50 mg/l, con un valor de referencia de 25 mg/l (Barrenechea, 2004).

2.1.7. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA

Coliformes Totales. Son bacterias aerobias y anaerobias grandes negativas, no esporulantes, esporulantes alargadas que crecen en pequeños grupos y es de color rojo metálico brillante en una media tipo interno. También presentan lactosa tras un periodo de maduración de 24 horas a 35°C. (Zegarra, 2018)

Coliformes fecales. Son conocidos como coliformes termotolerantes, son un conjunto de bacterias extremadamente pequeños que también son indicadores de la condición del agua porque pueden soportar temperaturas de hasta 45°C. Estas bacterias proceden de las heces, y las descubrimos en el E.coli, klepsiella. (Zuta, 2023)

2.1.8. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA POTABLE

En el DS N.º 031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Perú) y en otras normas relacionadas, los Límites Máximos Permisibles (LMP) son los valores máximos establecidos para la concentración de determinadas sustancias, compuestos o parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el agua, por encima de los cuales se considera que el agua no es apta para el uso previsto (en este caso, consumo humano) (MINISTERIO DE SALUD, 2010).

Tabla 01: Límites Máximos Permisibles(LMP)

| Parámetro | Unidad | Límite máximo permisible |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Color | UCV escala Pt/Co | 15 |
| Turbiedad | UNT | 5 |
| Conductividad | µmho/cm | 1500 |
| Sólidos totales disueltos | mgL ⁻¹ | 1000 |
| pH | Valor de pH | 6.5 a 8.5 |
| Cloruros | mg Cl-L ⁻¹ | 250 |
| Sulfatos | mg SO ₄ = L ⁻¹ | 250 |
| Dureza Total | mg CaCO ₃ L ⁻¹ | 500 |
| Nitratos | mg NO ₃ L ⁻¹ | 50 |
| coliformes totales | UFC/100 mL | 0 UFC/100 mL a 35°C |
| Coliformes termotolerantes | UFC/100 mL | 0 UFC/100 mL a 35°C |

UCV: Unidad de color verdader

UNT: Unidad nefelométricas de turbiedad.

UFC = Unidad Formadora de Colonias

Fuente: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano Decreto Supremo N°031- 2010-SA (MINISTERIO DE SALUD, 2010).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua para consumo humano. Es el recurso esencial para la vida, que debe cumplir con parámetros físicos, químicos y microbiológicos como sabor, olor, color, turbidez y pH para garantizar su potabilidad. Su tratamiento y control desde la fuente hasta la distribución aseguran la salud pública (DIRESA, 2018).

Agua de pozos y manantiales. Son aguas subterráneas que emergen a la superficie y contienen minerales, gases y microorganismos adquiridos durante su filtración por capas freáticas. Su calidad puede ser alta, pero requiere análisis para asegurar su potabilidad (Chico, 1977).

Calidad del agua. Es el grado de adecuación del agua para un uso específico, determinada por normas que regulan su salubridad para consumo, agricultura o recreación. Factores como contaminación, erosión y cambio climático pueden afectarla. (Chávez & Alberto, 2018).

Características del agua. Incluyen propiedades físicas como cohesión molecular, alto calor específico, capilaridad y capacidad disolvente, fundamentales para procesos biológicos y ecosistémicos. Su composición química varía según factores naturales y actividades humanas. (WHO, 1995; Dirección Regional de Salud Moquegua, 2021; Chávez & Alberto, 2018).

Cloruros. Son iones comunes en el agua cuya presencia elevada puede indicar contaminación y generar sabor salino perceptible. Los niveles dependen tanto de factores naturales como de actividades humanas. (Ambientum, 2022).

Coliformes fecales. Grupo de bacterias, principalmente *Escherichia coli*, indicadoras de contaminación por excretas, capaces de crecer a temperaturas de hasta 45 °C. Su presencia implica riesgo sanitario. (Zuta, 2023).

Coliformes totales. Son bacterias aerobias y anaerobias facultativas, indicadoras de calidad sanitaria, que fermentan lactosa a 35 °C en 24 horas. Su detección señala posible contaminación. (Zegarra, 2018).

Color del agua. Es la tonalidad resultante de sustancias disueltas o suspendidas, de origen natural o antropogénico, que puede afectar la percepción y potabilidad del agua. Su medición es clave en la evaluación de la calidad. (Ambientum, 2022).

Conductividad. Mide la capacidad del agua para conducir electricidad debido a la presencia de sales disueltas ionizadas. Indica la mineralización pero no necesariamente la calidad sanitaria. (Barrenechea, 2004).

Dureza total. Se refiere a la concentración combinada de iones calcio, magnesio y otros, expresada en mg/L de carbonato de calcio. Clasifica el agua como blanda o dura, afectando usos domésticos e industriales. (Samboni et al., 2007).

Límites Máximos Permisibles (LMP). Son valores umbral establecidos por norma para parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua, cuya superación la hace no apta para el consumo humano. En Perú, se regulan en el DS N.° 031-2010-SA. (Ministerio de Salud, 2010).

Nitratos. Iones compuestos por nitrógeno y oxígeno presentes naturalmente, pero cuyo exceso suele deberse al uso intensivo de fertilizantes. Altas concentraciones pueden causar problemas de salud, como metahemoglobinemia en lactantes. (Barrenechea, 2004).

pH (Potencial de hidrógeno). Indica la acidez o alcalinidad del agua en una escala de 0 a 14, siendo 7 neutros. Valores extremos pueden afectar la salud y la potabilidad. (Flowers et al., 2022).

Sólidos totales disueltos (STD). Son partículas minerales y orgánicas en suspensión que afectan la calidad y favorecen el crecimiento de microorganismos. Su exceso altera el sabor y la potabilidad del agua (Blesa, 2012).

Sulfatos. Compuestos derivados del azufre presentes por disolución natural de rocas o actividades humanas. Altas concentraciones tienen efectos laxantes y pueden afectar la potabilidad. (Sierra, 2011; Blesa, 2012).

Turbidez. Es la reducción de la transparencia del agua por partículas suspendidas, afectando la eficacia de la desinfección y la calidad visual. La OMS recomienda valores inferiores a 5 NTU para consumo. (Sanches, 2015).

2.3. MARCO NORMATIVO

Decreto Supremo N.º 031-2010-SA

- Aprueba el *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*.
- Establece los parámetros **organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos**, así como los **límites máximos permisibles (LMP)** que debe cumplir el agua para consumo humano.
- Constituye la norma principal utilizada como referencia para la evaluación de la calidad del agua en la presente investigación.

Ministerio de Salud (MINSA)

- Ente rector del sistema de salud en el país.
- Responsable de formular, normar y supervisar las políticas sanitarias relacionadas con la calidad del agua para consumo humano, conforme a lo establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)

- Órgano técnico del MINSA encargado de la vigilancia, supervisión y control de la calidad del agua para consumo humano a nivel nacional.
- Verifica el cumplimiento de los parámetros y límites establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

Ley N.º 26842 – Ley General de Salud

- Establece que el acceso al agua apta para consumo humano es un factor esencial para la protección de la salud pública.
- Dispone que el Estado debe prevenir y controlar los riesgos sanitarios derivados del consumo de agua contaminada.

Ley N.º 28611 – Ley General del Ambiente

- Regula el uso sostenible de los recursos naturales, incluyendo el recurso hídrico.

- Promueve la prevención y control de la contaminación de las fuentes de agua para proteger la salud humana y el equilibrio ambiental.

Norma Técnica Sanitaria para la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano

- Aprobada mediante **Resolución Ministerial N.º 214-2011/MINSA**.
- Establece los procedimientos técnicos para el muestreo, análisis y control sanitario del agua destinada al consumo humano.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La calidad del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025, no es apta para consumo humano

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025, son elevados.
- El análisis comparativo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza, en el distrito de Ayaviri, evidencia que dichos valores superan los límites máximos permisibles establecidos en el DS N.º 031-2010-SA.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El Fundo Nueva Esperanza se encuentra en el distrito de Ayaviri, provincia de Melgar, departamento de Puno, Perú. Está situado frente a la urbanización Nueva Panamericana y al costado de la Carretera Panamericana que conecta Ayaviri con Cusco. Esta ubicación estratégica facilita el acceso y la conectividad para sus aproximadamente 80 familias residentes.

Las coordenadas UTM exactas del Fundo Nueva Esperanza:

Zona UTM: 19L

Este: 428600

Norte: 8353400

Características ambientales de la zona

Ayaviri se encuentra aproximadamente en las coordenadas UTM Zona 19L, con una altitud de 3,907 metros sobre el nivel del mar. Dado que el Fundo Nueva Esperanza está cerca de la ciudad y al costado de la Carretera Panamericana, es razonable suponer que comparte características geográficas similares.

El distrito de Ayaviri se sitúa en la región de Suni, caracterizada por un relieve predominantemente plano y ondulado, con ligeras elevaciones. El clima es frío y seco, típico de las zonas altoandinas, con temperaturas que oscilan entre los 2 °C y 15 °C. Estas condiciones climáticas y geográficas influyen en la disponibilidad y calidad del agua subterránea, lo que hace esencial su evaluación de la calidad del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza para garantizar su aptitud para el consumo humano.

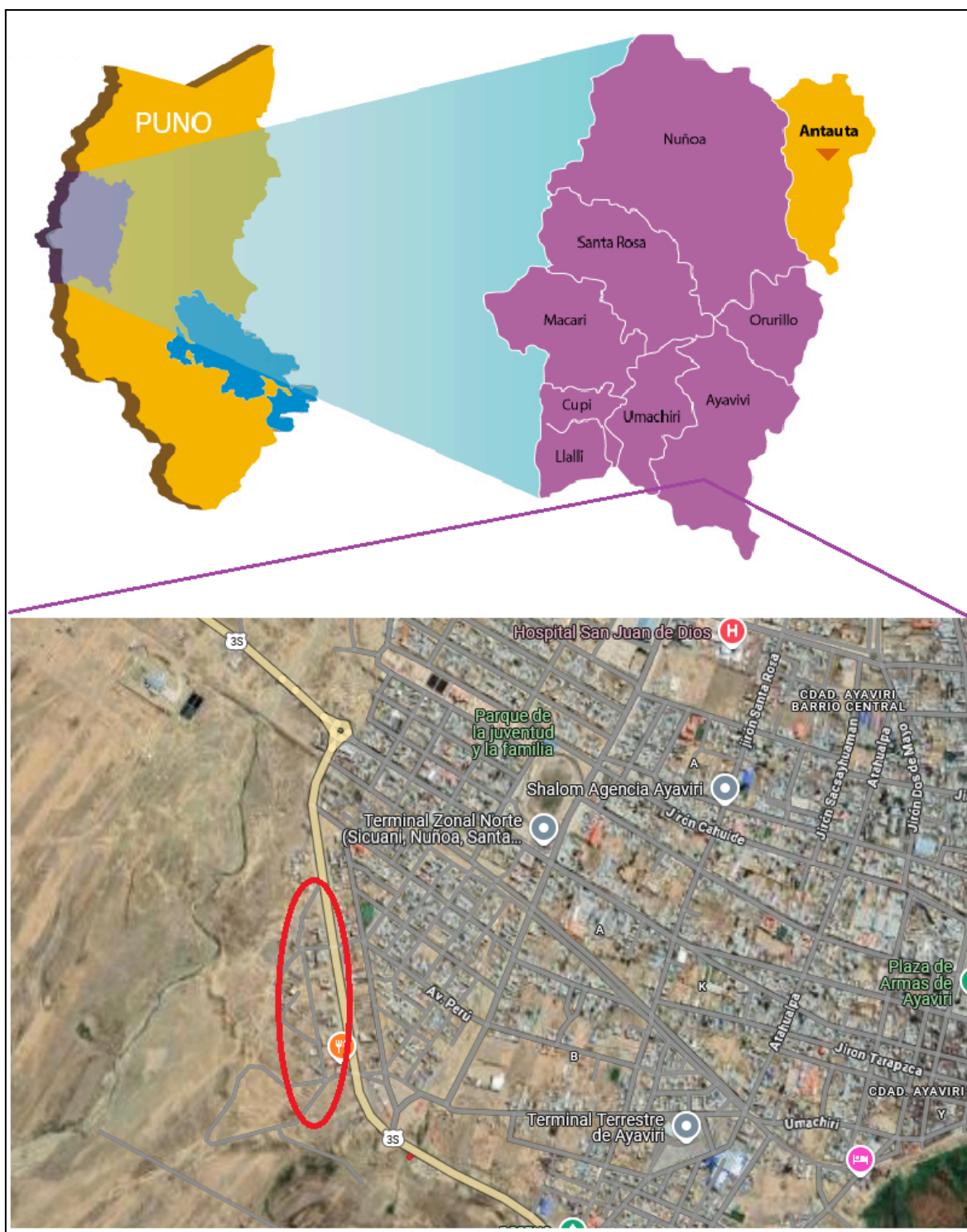


Figura 02: Localización de la zona de estudio (Fundo Nueva Esperanza).

Fuente: Google Maps.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población del presente estudio estuvo constituido por las aguas de los pozos del fundo Nueva Esperanza del distrito de Ayaviri.

3.2.2. MUESTRA

La muestra estuvo constituida por dos pozos, en cada pozo se aplicó un muestreo puntual e instantáneo.

Tabla 02: Ubicación de los pozos en el fundo Nueva Esperanza.

| N° | Denominación | Tipo | Ubicación | Altura |
|----|--------------|--------------------------|--|--------------|
| 1 | Pozo 01 | Excavado | Zona UTM: 19L <ul style="list-style-type: none"> • Easting: 327372 m • Northing: 8354196 m | 3915 msnm |
| 2 | Pozo 02 | Tubular (Apertura 5") | Zona UTM: 19L <ul style="list-style-type: none"> • Easting: 327430 m • Northing: 8354085 m | 3915 msnm |

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. TIPO

Este estudio es de tipo descriptivo porque detalló y caracterizó la calidad del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza, identificando las concentraciones de los parámetros organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos. No pretende manipular las variables, sino observarlas y medirlas tal como se presentan en su contexto natural. El propósito principal es describir de manera sistemática la situación actual del agua para consumo humano y compararla con los estándares establecidos en el DS N° 031-2010-SA, lo que permitió conocer su grado de cumplimiento y posibles riesgos para la salud.

3.3.2. DISEÑO

El diseño es no experimental porque no se realizó intervención o manipulación de las variables de estudio, sino que se midió y registró en las condiciones en que se encuentran. El corte es transversal ya que la recolección de datos se llevó a cabo en un único periodo o en momentos específicos durante el año 2025, permitiendo obtener una "fotografía" de la calidad del agua en ese intervalo de tiempo. Este diseño facilitó identificar el estado actual de los parámetros y compararlos con los límites normativos vigentes, pero no evaluó cambios a largo plazo ni relaciones causales.

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICOS

Primer objetivo: Determinar la concentración de los parámetros organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025.

- La muestra fue recolectada en un envase de plástico con una capacidad precisa de 1000 mL, asegurando la cantidad suficiente para la realización de todos los análisis requeridos con precisión. Este tipo de envase permitió la adecuada preservación de la muestra durante su transporte y almacenamiento hasta su llegada al laboratorio para su análisis posterior.
- El envase fue enjuagado exhaustivamente en tres ocasiones consecutivas con la misma agua de muestreo, con la finalidad de eliminar cualquier residuo de partículas que pudiera estar presente. Este procedimiento garantizó la limpieza óptima del envase y evitar posibles contaminaciones cruzadas que pudieran afectar la integridad de la muestra recolectada.
- Previo al proceso de muestreo, el personal encargado utilizó correctamente la indumentaria de protección personal, que incluyó guantes desechables y barbijo, con el propósito de asegurar la seguridad del personal y prevenir cualquier riesgo de contaminación durante la recolección de la muestra.
- La recolección de la muestra de agua, con un volumen exacto de 1000 mL, se realizó siguiendo el procedimiento previamente establecido en el presente estudio. El

muestreo se efectuó con cuidado y precisión, manteniendo contacto con las paredes del manantial para asegurar la representatividad de la muestra. Una vez recolectada, la muestra fue etiquetada con un código único y se registraron los datos correspondientes, tales como fecha, hora, lugar de muestreo, coordenadas UTM y la firma del responsable.

- Con la finalidad de prevenir posibles fugas durante el traslado y la manipulación, la tapa del envase fue sellada herméticamente, garantizando así la integridad y seguridad de la muestra desde su recolección hasta su análisis en el laboratorio.
- Siguiendo las directrices establecidas por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA), el frasco fue correctamente etiquetado con la información pertinente, incluyendo el código de identificación, la fecha y hora de recolección, el lugar de muestreo, las coordenadas UTM, así como el nombre y la firma del responsable, asegurando la trazabilidad y precisión en el manejo de la muestra durante todo el proceso de investigación.
- Para preservar la integridad de la muestra recolectada, ésta fue depositada en un contenedor térmico adecuado, como un termo o cooler, manteniendo una temperatura entre 2 °C y 7 °C, con el fin de prevenir cualquier deterioro o alteración de sus propiedades durante el transporte al laboratorio.
- Finalmente, la muestra fue trasladada al laboratorio correspondiente, donde se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos pertinentes dentro del tiempo establecido, siguiendo los protocolos técnicos vigentes, con el propósito de obtener resultados precisos y confiables.

Segundo objetivo: Realizar el análisis comparativo de los parámetros organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, de acuerdo a los límites máximos permisibles según DS N° 031-2010-SA.

Revisión documental y normativa

- Actividad: Recopilación y revisión del DS N° 031-2010-SA y guías técnicas aplicables; definir lista final de parámetros a comparar.

- Responsable: Investigador principal.
- Producto: Relación de parámetros y la tabla de límites normativos (anexo/norma).

Consolidación de resultados analíticos

- Actividad: Reunión de todos los informes de laboratorio de las campañas (fichas, certificados, resultados en crudo).
- Responsable: Investigador.
- Producto: Base de datos con resultados por muestra y parámetro (Excel/CSV).

Comparación con límites normativos

Actividad: Para cada parámetro, comparación de valor medio y valores individuales con el LMP del DS N° 031-2010-SA; marcar cumplimiento / no cumplimiento y frecuencia de incumplimiento (porcentaje de muestras fuera de norma).

- Producto: Tabla comparativa (parámetro - LMP - muestras - n° incumplimientos - % incumplimiento).

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 03: Operacionalización de variables.

| Variab les | Dimensiones | Indicadores | Escala de medición |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| V.I. Agua de pozos | Física | Turbiedad | Pt/Co |
| | | CE | UNT |
| | | Sólidos totales disueltos | $\mu\text{mho/cm}$ |
| | | | mgL^{-1} |
| | | pH | Valor de pH |
| | Química | Cloruros | mg Cl-L^{-1} |
| | | Sulfatos | $\text{mg SO}_4 = \text{L}^{-1}$ |
| | | Dureza total | $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$ |
| | | Nitratos | $\text{mg NO}_3 \text{L}^{-1}$ |
| | | Microbiológica | Coliformes totales |
| Coliformes fecales | UFC/100 mL | | |
| V.D. Calidad del agua | Cumplimiento | Reglamento de la calidad de agua. | Apto/No apto |

3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Los datos recolectados fueron organizados en matrices de registro y posteriormente procesados mediante herramientas informáticas, lo que permitió calcular estadísticos descriptivos, tales como frecuencias, valores mínimos y máximos, promedios y desviación estándar, con la finalidad de describir el comportamiento de cada uno de los parámetros evaluados.

Asimismo, se realizó un análisis comparativo entre los resultados obtenidos y los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA, lo cual permitió determinar el cumplimiento o incumplimiento de la normativa vigente para agua destinada al consumo humano.

Los resultados del análisis estadístico fueron presentados mediante tablas y figuras, facilitando la interpretación de los valores obtenidos y su contrastación con los estándares sanitarios establecidos. Este procedimiento permitió evaluar de manera objetiva la calidad del agua de los pozos en estudio y sustentar las conclusiones de la investigación.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS POZOS DEL FUNDO NUEVA ESPERANZA EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, 2025

Tabla 04: Concentración de los parámetros fisicoquímicos.

| Parámetros Fisicoquímicos | UNIDAD | Pozo 01 | Pozo 02 |
|---|---------------------------------------|---------|---------|
| pH | Valor de pH | 6.45 | 6.55 |
| Conductividad eléctrica. | µmho / cm | 1280.00 | 1200.00 |
| Sólidos disueltos totales. | mg L ⁻¹ | 0.64 | 0.60 |
| Turbiedad | NTU | 3.52 | 4.10 |
| Dureza total | mg Ca CO ₃ L ⁻¹ | 410.00 | 380.00 |
| Alcalinidad | mg/L | 122.00 | 120.00 |
| Cloruros (Cl ⁻) | mg Cl L ⁻¹ | 235.00 | 220.00 |
| Sulfatos (SO ₄ ⁻²) | mg SO ₄ L ⁻¹ | 98.50 | 98.00 |
| Nitratos | mg/L | 0.58 | 0.45 |
| Calcio (Ca ⁺⁺) | mg/L | 45.90 | 45.00 |
| Magnesio (Mg ⁺⁺) | mg/L | 31.20 | 30.00 |
| Aceites y grasas | mg/L | 0.00 | 0.00 |

De acuerdo a los valores de la tabla 04, los valores de pH de 6.45 y 6.55 indican que el agua es ligeramente ácida, pero se mantiene cercana a la neutralidad. Esto sugiere que el agua es químicamente estable y apta para la mayoría de usos domésticos, sin representar un riesgo significativo para la salud ni para las instalaciones.

La conductividad eléctrica de 1280 y 1200 $\mu\text{mho/cm}$ refleja una alta presencia de sales disueltas. Esto se interpreta como un agua con contenido mineral elevado, característica común de aguas subterráneas, lo que puede afectar el sabor y favorecer la formación de incrustaciones en tuberías y equipos.

Los sólidos disueltos totales de 0.64 y 0.60 mg/L indican una baja carga de material disuelto visible, por lo que el agua presenta buena claridad. Sin embargo, al relacionarse con la conductividad, se entiende que los principales componentes disueltos son sales iónicas más que partículas visibles.

La turbiedad de 3.52 y 4.10 NTU muestra presencia moderada de partículas en suspensión. Esto puede afectar la apariencia del agua y reducir la eficiencia de los procesos de desinfección, por lo que es un parámetro que requiere atención.

La dureza total de 410 y 380 mg CaCO_3/L clasifica al agua como dura. Esto se interpreta como una alta concentración de calcio y magnesio, lo que no representa un riesgo para la salud, pero sí genera problemas prácticos como incrustaciones, mayor consumo de jabón y deterioro de electrodomésticos.

La alcalinidad de 122 y 120 mg/L indica una capacidad amortiguadora media, lo que permite que el agua mantenga su pH relativamente estable frente a la adición de ácidos o bases.

Los cloruros con valores de 235 y 220 mg/L sugieren una influencia mineral o geológica del entorno. En estos niveles pueden afectar ligeramente el sabor del agua y, a largo plazo, contribuir a la corrosión de materiales metálicos.

Los sulfatos con valores de 98.50 y 98.00 mg/L se interpretan como una presencia moderada de este ion, generalmente asociada a la disolución de minerales del suelo. En

estas concentraciones no representan un riesgo significativo, pero pueden influir en el sabor.

Los nitratos de 0.58 y 0.45 mg/L indican ausencia de contaminación por fertilizantes o aguas residuales, lo que es positivo desde el punto de vista sanitario, especialmente para poblaciones vulnerables.

Las concentraciones de calcio (45.90 y 45.00 mg/L) y magnesio (31.20 y 30.00 mg/L) explican directamente la dureza del agua y confirman su origen mineral natural.

La ausencia de aceites y grasas (0.00 mg/L) se interpreta como una buena condición sanitaria del agua, sin evidencias de contaminación por actividades domésticas o industriales.

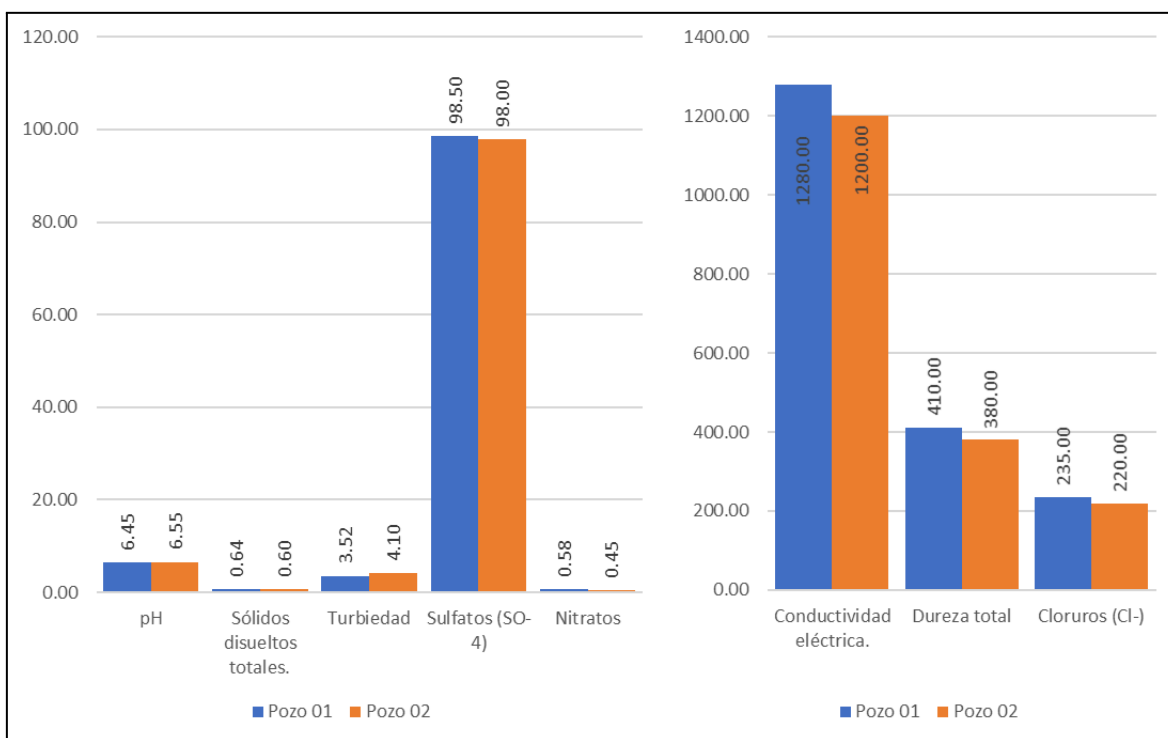


Figura 03: Comparación de la concentración de parámetros fisicoquímicos entre los 02 pozos.

De acuerdo a la figura 03, el pH del Pozo 01 (6.45) y del Pozo 02 (6.55) muestra valores muy cercanos, indicando que ambos presentan agua ligeramente ácida y químicamente estable. El Pozo 02 tiene un pH levemente mayor, lo que sugiere una condición un poco más cercana a la neutralidad.

La conductividad eléctrica es mayor en el Pozo 01 (1280 $\mu\text{mho/cm}$) que en el Pozo 02 (1200 $\mu\text{mho/cm}$), lo que indica que el Pozo 01 posee una mayor cantidad de sales disueltas. Esto sugiere que el agua del Pozo 01 tiene una mineralización ligeramente más alta.

Los sólidos disueltos totales son similares en ambos pozos, con 0.64 mg/L en el Pozo 01 y 0.60 mg/L en el Pozo 02, lo que indica que ambos presentan baja carga de sólidos visibles, siendo el Pozo 01 ligeramente superior.

La turbiedad es mayor en el Pozo 02 (4.10 NTU) que en el Pozo 01 (3.52 NTU), lo que indica que el Pozo 02 contiene una mayor cantidad de partículas en suspensión, afectando más su apariencia y potencialmente la eficiencia de desinfección.

La dureza total es mayor en el Pozo 01 (410 mg CaCO_3/L) que en el Pozo 02 (380 mg CaCO_3/L), por lo que ambos se clasifican como aguas duras, siendo el Pozo 01 el más propenso a generar incrustaciones.

La alcalinidad es muy similar en ambos casos: 122 mg/L en el Pozo 01 y 120 mg/L en el Pozo 02, lo que indica que ambos tienen prácticamente la misma capacidad amortiguadora del pH.

Los cloruros presentan mayor concentración en el Pozo 01 (235 mg/L) que en el Pozo 02 (220 mg/L), lo que sugiere una mayor influencia mineral o salina en el Pozo 01, pudiendo afectar ligeramente más el sabor.

Los sulfatos son prácticamente iguales: 98.50 mg/L en el Pozo 01 y 98.00 mg/L en el Pozo 02, indicando un origen geológico similar para ambos pozos.

Los nitratos son bajos en ambos, aunque ligeramente mayores en el Pozo 01 (0.58 mg/L) que en el Pozo 02 (0.45 mg/L), lo que sugiere mínima influencia de actividades agrícolas o domésticas en los dos casos.

El calcio es casi igual en ambos pozos (45.90 mg/L en el Pozo 01 y 45.00 mg/L en el Pozo 02), mientras que el magnesio es ligeramente mayor en el Pozo 01 (31.20 mg/L) que en el Pozo 02 (30.00 mg/L), lo que explica que la dureza sea mayor en el Pozo 01.

Finalmente, los aceites y grasas son 0.00 mg/L en ambos pozos, indicando ausencia de contaminación oleosa y una condición sanitaria adecuada en los dos casos.

Tabla 05: Concentración de los parámetros microbiológicos.

| Parámetros Microbiológicos | UNIDAD | Pozo 01 | Pozo 02 |
|-----------------------------------|---------------|----------------|----------------|
| Coliformes totales | NMP/100 ml | 35.00 | 24.00 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 ml | <5 | <4.00 |

De acuerdo a la tabla 05, los coliformes totales presentan concentraciones de 35.00 y 24.00 NMP/100 mL, lo que indica la presencia de microorganismos indicadores de contaminación ambiental. Este resultado sugiere que el agua ha estado en contacto con fuentes externas de contaminación, como suelos, materia orgánica o aguas superficiales, lo que afecta su calidad microbiológica y su aceptabilidad para consumo humano sin tratamiento previo. Los coliformes termotolerantes registran valores menores a 5 y menores a 4 NMP/100 mL, lo que indica que se encuentran por debajo del límite de detección del método empleado. Esto sugiere ausencia o presencia mínima de contaminación fecal directa, lo cual es positivo desde el punto de vista sanitario, ya que estos microorganismos son indicadores específicos de contaminación por heces de origen humano o animal.

En conjunto, los resultados muestran que, aunque no se evidencia contaminación fecal directa, la presencia de coliformes totales refleja una calidad microbiológica que requiere atención. Esto implica la necesidad de aplicar procesos de desinfección antes del consumo humano, con el fin de reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y garantizar su inocuidad sanitaria.

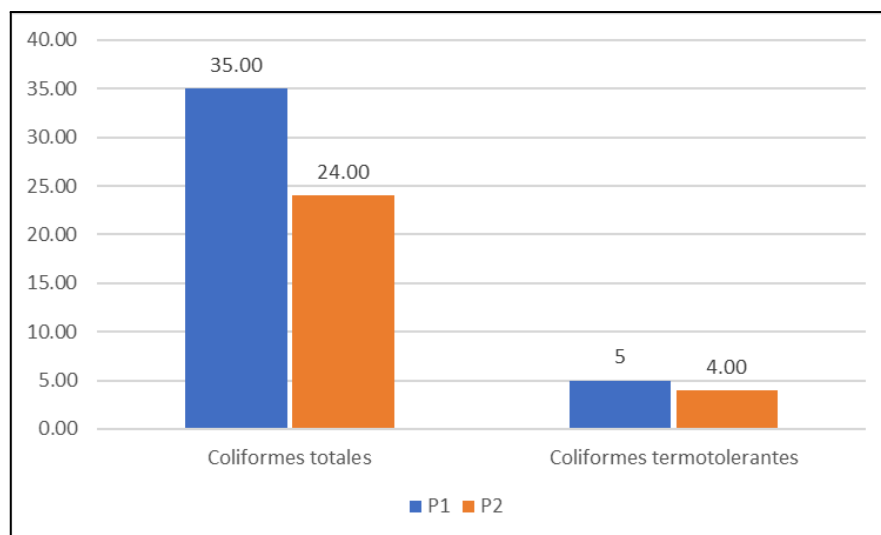


Figura 04: Comparación de la concentración de parámetros microbiológicos entre los 02 pozos.

De acuerdo a la figura 04, los coliformes totales presentan valores de 35.00 NMP/100 mL en el Pozo 01 y 24.00 NMP/100 mL en el Pozo 02. Esto indica que en ambos pozos existe presencia de microorganismos indicadores de contaminación ambiental; sin embargo, el Pozo 01 muestra una mayor carga bacteriana. Esta diferencia sugiere que el Pozo 01 está más expuesto a fuentes de contaminación externa, como infiltración de aguas superficiales, suelos contaminados o actividades humanas cercanas.

Los coliformes termotolerantes registran valores menores a 5 NMP/100 mL en el Pozo 01 y menores a 4.00 NMP/100 mL en el Pozo 02, encontrándose por debajo del límite de detección en ambos casos. Esto indica que no se evidencia contaminación fecal directa en ninguno de los pozos. No obstante, el hecho de que ambos presenten coliformes totales demuestra que existe algún grado de vulnerabilidad sanitaria en las fuentes.

La comparación muestra que, aunque los dos pozos requieren medidas de protección y desinfección, el Pozo 01 presenta una condición microbiológica menos favorable que el Pozo 02, debido a su mayor concentración de coliformes totales. Esto implica que el Pozo 01 necesita mayor control sanitario, protección de su entorno y un proceso de tratamiento más riguroso antes de su uso para consumo humano.

4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS POZOS DEL FUNDO NUEVA ESPERANZA EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, DE ACUERDO A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN DS N° 031-2010-SA.

4.2.1. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

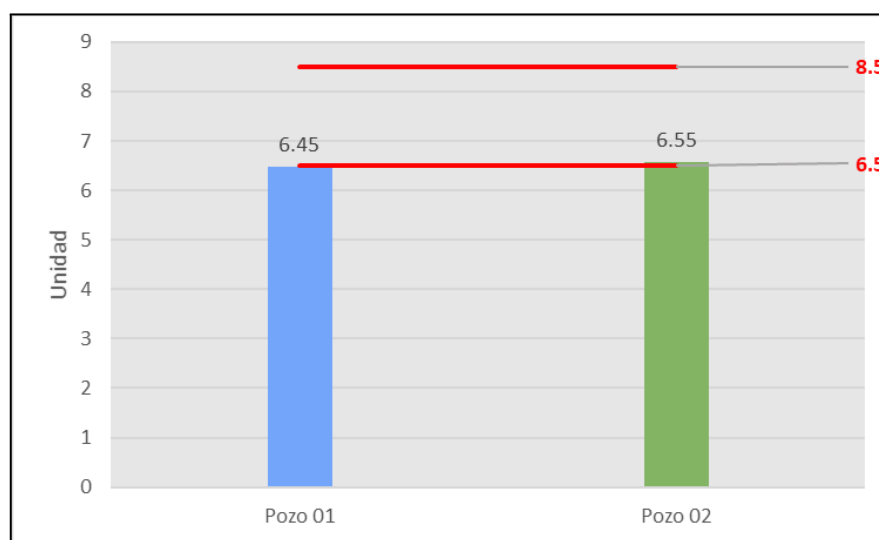


Figura 05: Comparación del pH con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

La Figura 05 presenta la comparación de los valores de pH de los pozos evaluados con el rango permitido por el D.S. N.° 031-2010-SA, el cual establece que el pH del agua para consumo humano debe encontrarse entre 6.5 y 8.5.

El Pozo 01 registra un valor de pH de 6.45, el cual se encuentra ligeramente por debajo del límite mínimo permitido (6.5). Esto indica que el agua es ligeramente más ácida de lo recomendado por la normativa, lo que podría favorecer procesos de corrosión en las tuberías y afectar el sabor del agua, aunque la diferencia es mínima. El Pozo 02 presenta un pH de 6.55, ubicándose dentro del rango permitido. Este valor indica que el agua cumple con el criterio normativo y posee una condición química adecuada para el consumo humano.

La interpretación muestra que uno de los pozos cumple con el LMP establecido para pH, mientras que el otro se encuentra apenas por debajo del límite. Esto sugiere la necesidad de monitoreo continuo y, de ser necesario, aplicar medidas de ajuste del pH para

asegurar que ambas fuentes cumplan plenamente con la normativa y garanticen una calidad adecuada del agua para consumo humano.



Figura 06: Comparación de la conductividad eléctrica con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

La Figura 06 muestra la comparación de los valores de conductividad eléctrica de los pozos evaluados con el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido en el D.S. N° 031-2010-SA, el cual fija un valor máximo de 1500 µmho/cm para agua destinada al consumo humano.

El Pozo 01 presenta una conductividad eléctrica de 1280.00 µmho/cm, valor que se encuentra por debajo del límite máximo permitido. Esto indica que, aunque el agua presenta una cantidad considerable de sales disueltas, cumple con el criterio normativo y es aceptable desde el punto de vista regulatorio. El Pozo 02 registra una conductividad eléctrica de 1200.00 µmho/cm, también inferior al LMP de 1500 µmho/cm. Este resultado muestra que el contenido de sales disueltas se mantiene dentro de los niveles permitidos por la normativa.

Concluimos que ambos pozos cumplen con el estándar establecido para conductividad eléctrica. No obstante, al encontrarse relativamente cercanos al valor máximo permitido, se recomienda mantener un monitoreo periódico, ya que incrementos futuros podrían afectar la calidad organoléptica del agua y su cumplimiento normativo.

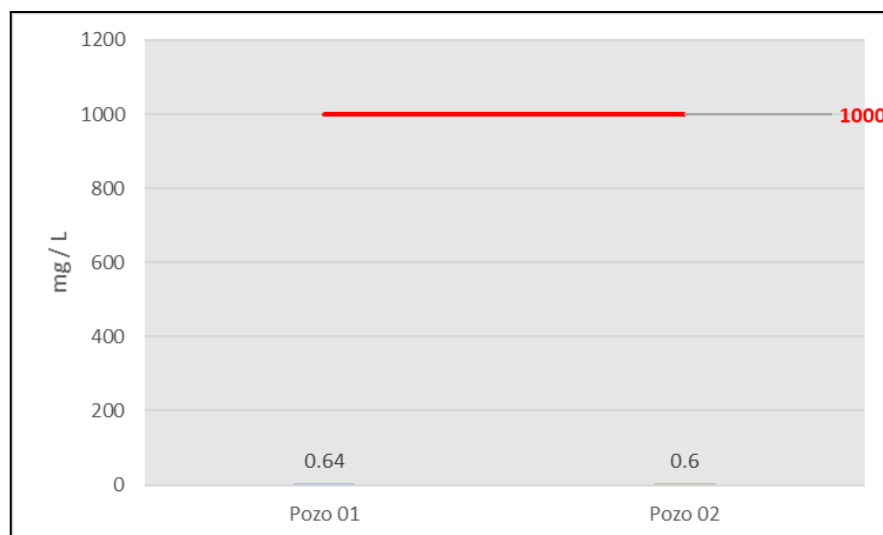


Figura 07: Comparación de los sólidos disueltos totales con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

La Figura 07 presenta la comparación de los valores de sólidos disueltos totales (SDT) de los pozos evaluados con el Límite Máximo Permissible (LMP) establecido en el D.S. N° 031-2010-SA, el cual fija un valor máximo de 1000 mg/L para agua destinada al consumo humano.

El Pozo 01 registra un valor de 0.64 mg/L, mientras que el Pozo 02 presenta 0.60 mg/L. Ambos valores se encuentran ampliamente por debajo del LMP de 1000 mg/L, lo que indica que el agua posee una muy baja concentración de sólidos disueltos totales desde el punto de vista normativo. Esta condición se interpreta como favorable, ya que bajos niveles de SDT están asociados a mejor sabor, mayor aceptabilidad por parte de la población y menor riesgo de incrustaciones o problemas en las instalaciones domésticas. Los resultados indican que ambos pozos cumplen holgadamente con el criterio establecido para sólidos disueltos totales, evidenciando una buena calidad del agua en relación con este parámetro.

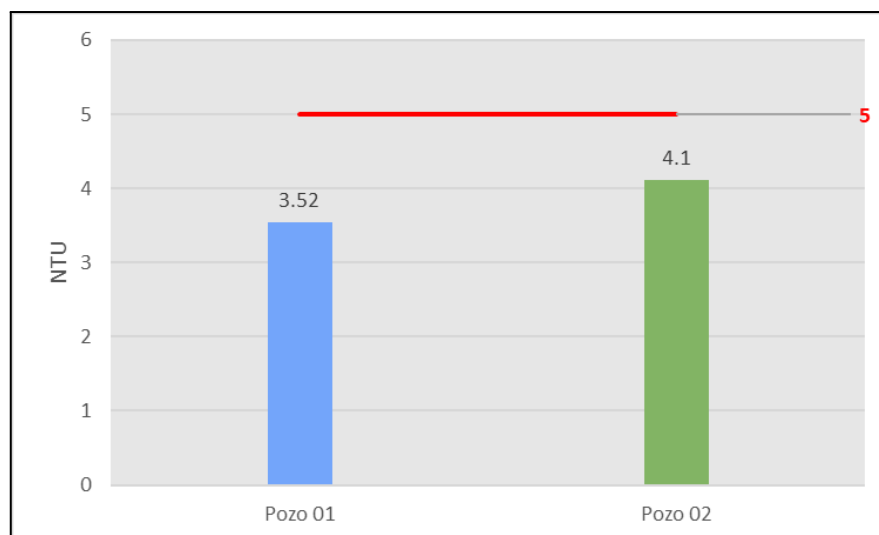


Figura 08: Comparación de la turbiedad con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

La Figura 08 muestra la comparación de los valores de turbiedad de los pozos evaluados con el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido en el D.S. N.° 031-2010-SA, el cual fija un valor máximo de 5 NTU para agua destinada al consumo humano.

El Pozo 01 presenta una turbiedad de 3.52 NTU, mientras que el Pozo 02 registra 4.10 NTU. Ambos valores se encuentran por debajo del LMP de 5 NTU, lo que indica cumplimiento con la normativa vigente.

Estos resultados sugieren que el agua presenta una cantidad moderada de partículas en suspensión, pero dentro de los niveles aceptables para consumo humano. Sin embargo, al encontrarse relativamente cercanos al valor máximo permitido, especialmente en uno de los pozos, es recomendable mantener un monitoreo periódico y asegurar procesos adecuados de filtración y desinfección, ya que incrementos en la turbiedad pueden afectar la eficacia de la desinfección y la apariencia del agua.

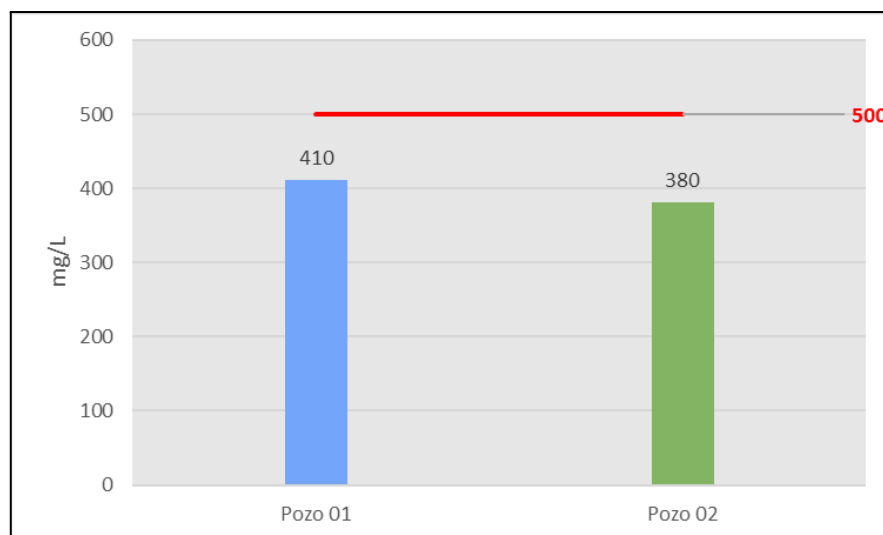


Figura 09: Comparación de la dureza total con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

La Figura 09 muestra la comparación de los valores de dureza total de los pozos evaluados con el Límite Máximo Permissible (LMP) establecido en el D.S. N.° 031-2010-SA, el cual fija un valor máximo de 500 mg CaCO₃/L para agua destinada al consumo humano.

El Pozo 01 presenta una dureza total de 410.00 mg CaCO₃/L y el Pozo 02 registra 380.00 mg CaCO₃/L. Ambos valores se encuentran por debajo del LMP de 500 mg CaCO₃/L, por lo que cumplen con la normativa vigente. Sin embargo, aunque cumplen normativamente, estos valores corresponden a aguas clasificadas como duras. Esto se interpreta como una alta presencia de calcio y magnesio, lo que no representa un riesgo para la salud, pero sí puede generar problemas prácticos como incrustaciones en tuberías, calentadores y utensilios domésticos, además de mayor consumo de detergentes y jabones.

En conjunto, los resultados indican que ambos pozos son aptos desde el punto de vista normativo para el parámetro de dureza total, pero se recomienda considerar medidas de ablandamiento si el agua va a ser utilizada de manera continua para consumo humano.

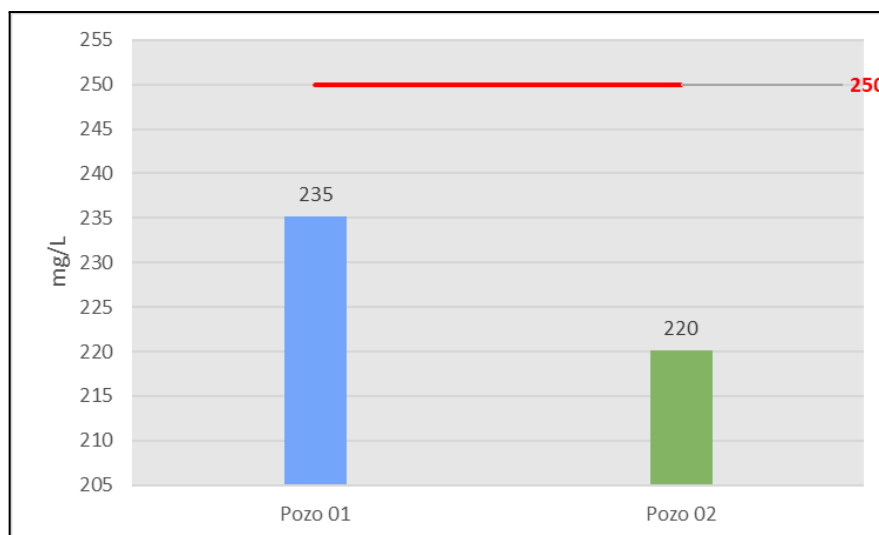


Figura 10: Comparación de los cloruros con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

La Figura 10 muestra la comparación de las concentraciones de cloruros de los pozos evaluados con el Límite Máximo Permissible (LMP) establecido en el D.S. N.° 031-2010-SA, el cual fija un valor máximo de 250 mg/L para agua destinada al consumo humano.

El Pozo 01 presenta una concentración de cloruros de 235.00 mg/L, mientras que el Pozo 02 registra 220.00 mg/L. Ambos valores se encuentran por debajo del LMP de 250 mg/L, por lo que cumplen con la normativa vigente. Sin embargo, al encontrarse relativamente cercanos al valor máximo permitido, estos niveles pueden influir en el sabor del agua, dándole un ligero carácter salino, y favorecer procesos de corrosión en tuberías metálicas a largo plazo.

Los resultados indican que ambos pozos son aptos desde el punto de vista normativo para el parámetro cloruros, pero se recomienda un monitoreo continuo para evitar que incrementos futuros superen el límite permitido y afecten la calidad del agua para consumo humano.

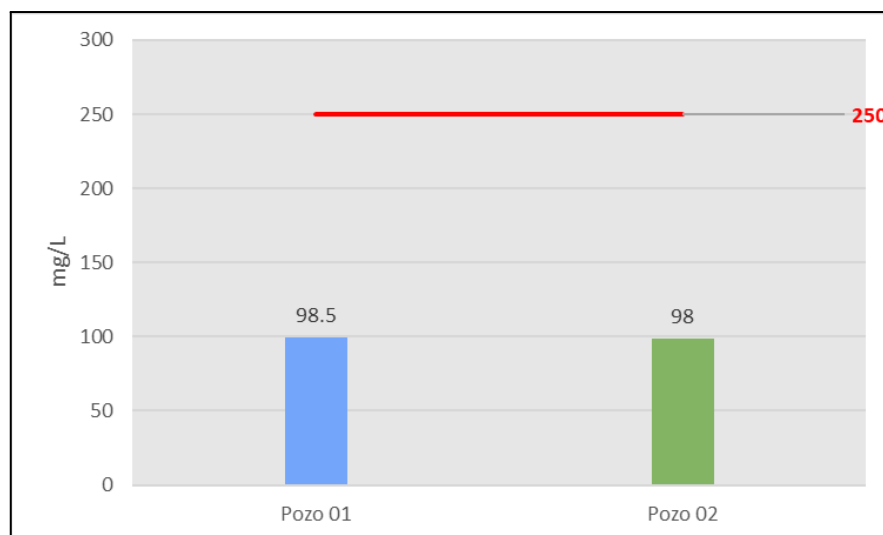


Figura 11: Comparación de los sulfatos con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

La Figura 11 muestra la comparación de las concentraciones de sulfatos de los pozos evaluados con el Límite Máximo Permissible (LMP) establecido en el D.S. N.° 031-2010-SA, el cual fija un valor máximo de 250 mg/L para agua destinada al consumo humano.

El Pozo 01 presenta una concentración de sulfatos de 98.50 mg/L y el Pozo 02 registra 98.00 mg/L. Ambos valores se encuentran muy por debajo del LMP de 250 mg/L, por lo que cumplen ampliamente con la normativa vigente.

Estos niveles se interpretan como una presencia moderada de sulfatos, generalmente asociada a la disolución natural de minerales del suelo y las rocas. Estas concentraciones no representan un riesgo para la salud ni afectan de manera significativa el sabor del agua. Los resultados indican que ambos pozos presentan una calidad adecuada respecto al parámetro sulfatos y no requieren medidas correctivas específicas para cumplir con la normativa de agua para consumo humano.

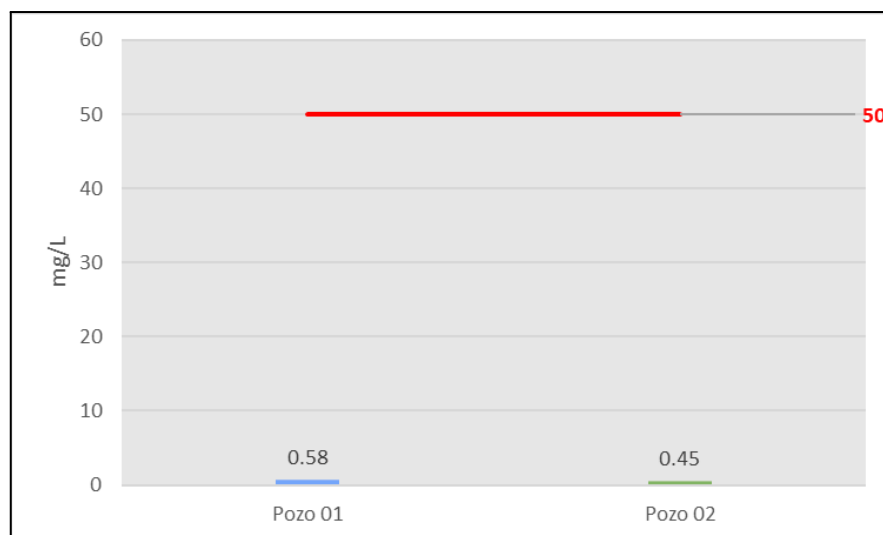


Figura 12: Comparación de los sulfatos con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

La Figura 12 muestra la comparación de las concentraciones de nitratos de los pozos evaluados con el Límite Máximo Permissible (LMP) establecido en el D.S. N.° 031-2010-SA, el cual fija un valor máximo de 50 mg/L para agua destinada al consumo humano.

El Pozo 01 presenta una concentración de nitratos de 0.58 mg/L y el Pozo 02 registra 0.45 mg/L. Ambos valores se encuentran ampliamente por debajo del LMP de 50 mg/L, lo que indica cumplimiento total con la normativa vigente. Estos resultados se interpretan como una muy baja presencia de nitratos, lo cual es positivo desde el punto de vista sanitario, ya que concentraciones elevadas de este ion están asociadas a contaminación por fertilizantes, aguas residuales o desechos orgánicos. Los resultados indican que ambos pozos presentan una excelente calidad del agua respecto al parámetro nitratos, sin evidencias de contaminación de origen agrícola o doméstico.

4.2.2. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

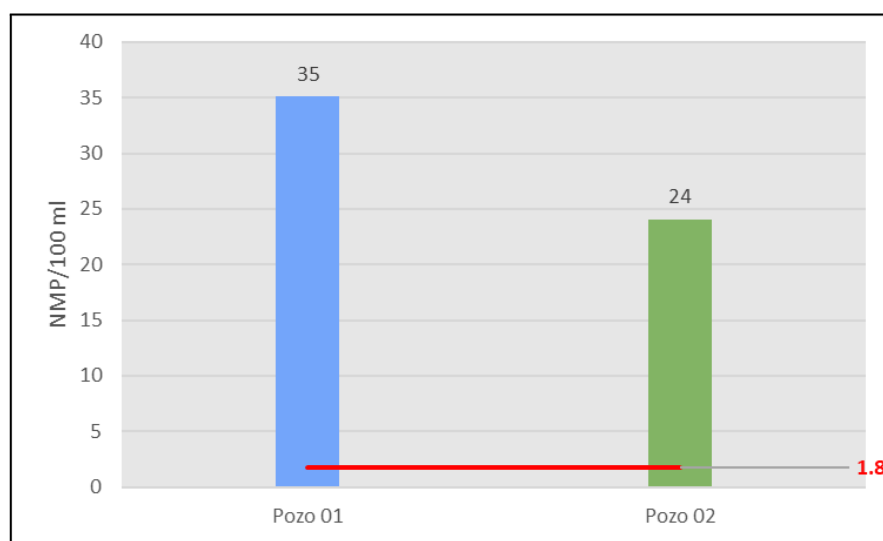


Figura 13: Comparación de los coliformes totales con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

La Figura 13 muestra la comparación de las concentraciones de coliformes totales de los pozos evaluados con el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido en el D.S. N.º 031-2010-SA, el cual exige valores menores a 1.8 NMP/100 mL para agua destinada al consumo humano.

El Pozo 01 presenta 35.00 NMP/100 mL y el Pozo 02 registra 24.00 NMP/100 mL. Ambos valores superan ampliamente el LMP establecido por la normativa. Esta condición indica que el agua de ambos pozos no cumple con el criterio microbiológico para consumo humano directo, evidenciando contaminación de origen ambiental o fecal indirecto. La presencia elevada de coliformes totales sugiere infiltración de aguas superficiales, deficiente protección sanitaria de los pozos o actividades humanas y animales cercanas.

La interpretación muestra que, desde el punto de vista microbiológico, el agua no es apta para consumo humano sin tratamiento previo. Se hace necesario implementar medidas de desinfección (cloración, hervido u otros métodos) y mejorar las condiciones de protección sanitaria de los pozos para reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua.

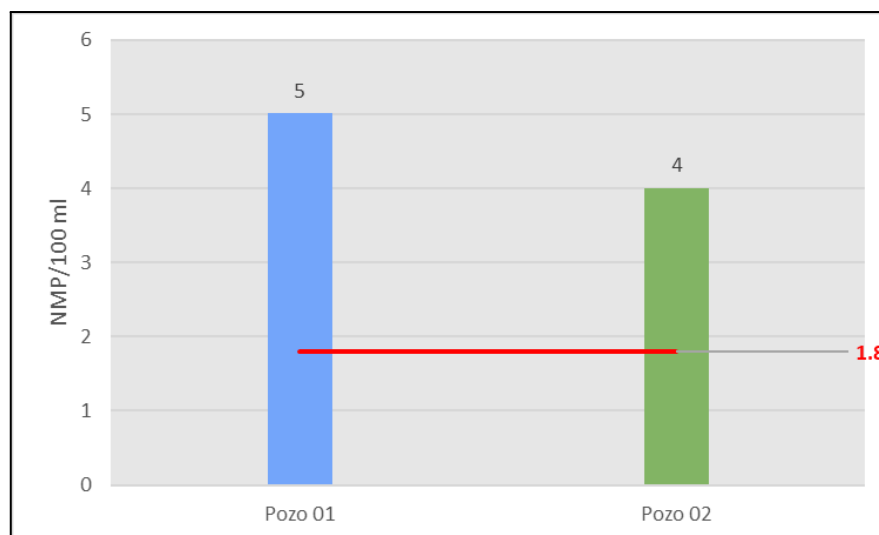


Figura 14: Comparación de los coliformes termotolerantes con los LMP del DS N° 031-2010-SA.

La Figura 14 presenta la comparación de los valores de coliformes termotolerantes de los pozos evaluados con el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido en el D.S. N.° 031-2010-SA, el cual exige valores menores a **1.8 NMP/100 mL** para agua destinada al consumo humano.

En el Pozo 01 se reporta un valor menor a 5 NMP/100 mL y en el Pozo 02 un valor menor a 4.00 NMP/100 mL. Aunque estos resultados indican que las concentraciones se encuentran por debajo del límite de detección del método utilizado, al compararlos con el LMP (<1.8 NMP/100 mL) no se puede afirmar con certeza que cumplan plenamente con la normativa, ya que el límite de detección es mayor que el valor máximo permitido. Esto se interpreta como una situación de incertidumbre normativa: no se evidencia una contaminación fecal directa significativa, pero tampoco se puede asegurar que los valores estén por debajo del LMP exigido. Por lo tanto, desde el punto de vista sanitario, el agua requiere tratamiento y monitoreo más preciso con métodos de mayor sensibilidad para confirmar su cumplimiento. Los resultados sugieren una baja presencia de coliformes termotolerantes, pero no garantizan totalmente la inocuidad microbiológica del agua para consumo humano, por lo que es necesario aplicar desinfección y mejorar la vigilancia sanitaria de los pozos.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En los parámetros fisicoquímicos, nuestros resultados muestran en general cumplimiento con los LMP del D.S. N.° 031-2010-SA, excepto el pH de uno de los pozos que se ubica ligeramente por debajo del límite inferior. **Esto contradice** lo reportado por Choque y Quispe (2023), quienes encontraron que todos los pozos evaluados en Cochabamba cumplieron con el rango de pH permitido (6,5–9,0). En nuestro caso, la ligera acidez encontrada en uno de los pozos indica una condición menos estable químicamente que la observada en dicho estudio internacional.

Asimismo, la conductividad eléctrica en nuestros pozos (1200–1280 $\mu\text{mho/cm}$) es mucho mayor que la reportada por Choque y Quispe (235-588 $\mu\text{S/cm}$) y por Escobar (97,80-117,70 $\mu\text{S/cm}$), lo que evidencia una mineralización considerablemente más alta en nuestra zona de estudio. Esto contradice estudios donde se describe una baja salinidad de las aguas subterráneas, sugiriendo que en el Fundo Nueva Esperanza existe mayor influencia geológica o mineral del acuífero.

Respecto a la dureza total, nuestros valores (380–410 mg CaCO_3/L) son mucho más altos que los reportados por Choque y Quispe (82–212 mg/L), Jamachi (27.55 mg/L) y Álvarez (19 mg/L). Esta diferencia indica que el agua del Fundo Nueva Esperanza es marcadamente más dura, lo que contradice la tendencia de aguas blandas o moderadamente duras descritas en varios estudios regionales y locales.

En cuanto a cloruros, nuestros valores (220–235 mg/L) se encuentran muy cercanos al LMP, mientras que estudios como Choque y Quispe (máx. 47 mg/L), Álvarez (8.51 mg/L) y Jamachi (140.32 mg/L) reportan concentraciones mucho menores. Esta diferencia muestra que el agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza tiene una mayor influencia salina, lo cual contradice la condición de baja salinidad observada en otros contextos.

En sólidos disueltos totales, aunque nuestros valores cumplen ampliamente con el LMP, son extremadamente bajos frente a los reportados por Mamani (798.50 mg/L) y Choque y Quispe (hasta 389 mg/L). Esta diferencia sugiere una posible inconsistencia metodológica

o unidades distintas, lo que representa una contradicción técnica importante que debe ser considerada en la interpretación.

En los parámetros microbiológicos, nuestros resultados muestran una fuerte contradicción con estudios que reportan buena calidad microbiológica. Por ejemplo, Escobar (2024), encontró ausencia casi total de coliformes (<1 UFC/100 ml), indicando agua apta para consumo humano, mientras que en nuestro estudio los coliformes totales alcanzan 24 y 35 NMP/100 ml, superando ampliamente el LMP (<1.8). Esto demuestra que la condición sanitaria de los pozos del Fundo Nueva Esperanza es considerablemente peor que la observada en Vilcachile.

Sin embargo, nuestros resultados coinciden parcialmente con estudios que reportan contaminación microbiológica. Benavides et al. (2023), Elías et al. (2022), Hurtado (2021), Jamachi (2025), Álvarez (2025) y Ccapa (2024) también encontraron presencia de coliformes que superan los límites permisibles, concluyendo que el agua no es apta para consumo humano. No obstante, en varios de estos estudios los valores fueron mucho más altos que los nuestros (hasta miles de NMP/100 ml), lo que indica que, aunque existe contaminación en nuestros pozos, esta es de menor magnitud relativa.

Una contradicción importante se observa en los coliformes termotolerantes: mientras que Jamachi (2025) reporta valores <1 NMP/100 ml (cumpliendo LMP), en nuestro estudio los valores reportados (<5 y <4) no permiten asegurar cumplimiento con el LMP (<1.8), generando incertidumbre sanitaria. Esto contrasta con estudios donde sí se puede afirmar con claridad la aptitud microbiológica.

4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.4.1. DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Planteamos las siguientes hipótesis:

H_0 (Hipótesis nula): La calidad del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025, es apta para consumo humano.

Ha (Hipótesis alterna): La calidad del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025, no es apta para consumo humano.

En la Tabla 04 se presentan las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos de ambos pozos, observándose que valores como turbiedad (3.52 y 4.10 NTU), dureza total (410 y 380 mg CaCO₃/L), cloruros (235 y 220 mg/L), sulfatos (98.50 y 98.00 mg/L) y nitratos (0.58 y 0.45 mg/L) se encuentran dentro de los rangos permitidos por la normativa. Asimismo, en las Figuras 05 a 12, donde se comparan estos parámetros con los LMP del D.S. N.° 031-2010-SA, se evidencia que los parámetros fisicoquímicos evaluados cumplen con los valores establecidos para agua de consumo humano. Sin embargo, en la Tabla 05 se muestran los resultados microbiológicos, donde los coliformes totales alcanzaron valores de 35 NMP/100 mL en el Pozo 01 y 24 NMP/100 mL en el Pozo 02, mientras que los coliformes termotolerantes fueron <5 y <4 NMP/100 mL, respectivamente. Al comparar estos resultados con los LMP mediante las Figuras 13 y 14, se observa que ambos parámetros superan el valor permisible de <1.8 NMP/100 mL establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA, lo que indica contaminación microbiológica del agua.

En base a los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula (H₀) y **se acepta la hipótesis alterna (H_a)**, concluyendo que la calidad del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025, no es apta para consumo humano.

4.4.2. DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H₀ (Hipótesis nula): La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025, no son elevados, manteniéndose dentro de rangos aceptables.

H_a (Hipótesis alterna): La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025, son elevados.

Para la comprobación de estas hipótesis se utilizaron los resultados en la Tabla 04, donde se muestran las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos, y en la Tabla 05, donde se presentan los parámetros microbiológicos de los pozos del Fundo Nueva Esperanza. En la Tabla 04 se observa que los parámetros fisicoquímicos presentan valores de pH entre 6.45 y 6.55, turbiedad entre 3.52 y 4.10 NTU, dureza total entre 380 y 410 mg CaCO₃/L, cloruros entre 220 y 235 mg/L, sulfatos alrededor de 98 mg/L y nitratos menores a 1 mg/L. Estos valores se encuentran dentro de los rangos aceptables establecidos para agua de consumo humano, lo que indica que los parámetros fisicoquímicos no presentan concentraciones elevadas.

Por otro lado, en la Tabla 05 se evidencia que los parámetros microbiológicos presentan concentraciones de coliformes totales de 35 y 24 NMP/100 mL y coliformes termotolerantes de <5 y <4 NMP/100 mL, valores que son altos en relación con los criterios de calidad para agua potable, los cuales exigen ausencia o valores mínimos de estos microorganismos.

En consecuencia, debido a que no todos los parámetros se mantienen dentro de rangos aceptables y que los microbiológicos presentan concentraciones elevadas, se rechaza la hipótesis nula (H₀) y **se acepta la hipótesis alterna (H_a)**, concluyendo que la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza presenta valores elevados, principalmente en el componente microbiológico.

4.4.3. DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Planteamos las siguientes hipótesis:

H₀ (Hipótesis nula): El análisis comparativo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza, en el distrito de Ayaviri, no evidencia que dichos valores superen los límites máximos permisibles establecidos en el DS N.º 031-2010-SA.

H_a (Hipótesis alterna): El análisis comparativo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva

Esperanza, en el distrito de Ayaviri, evidencia que dichos valores superan los límites máximos permisibles establecidos en el DS N.º 031-2010-SA.

En las Figuras 05 a 12 se compararon los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, turbiedad, dureza total, cloruros, sulfatos y nitratos) con los límites máximos permisibles del D.S. N.º 031-2010-SA. Los resultados muestran que todos los parámetros fisicoquímicos evaluados se encuentran dentro de los rangos establecidos, lo que indica cumplimiento normativo en este componente. Sin embargo, en las Figuras 13 y 14 se observa que los parámetros microbiológicos presentan valores que superan los límites máximos permisibles. La Tabla 05 muestra que los coliformes totales alcanzaron 35 NMP/100 mL en el Pozo 01 y 24 NMP/100 mL en el Pozo 02, mientras que los coliformes termotolerantes fueron <5 y <4 NMP/100 mL, respectivamente, superando el límite permitido de <1.8 NMP/100 mL. Esto evidencia contaminación microbiológica que incumple la normativa vigente.

Por lo tanto, considerando que los parámetros microbiológicos superan los LMP a pesar de que los fisicoquímicos cumplen, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y **se acepta la hipótesis alterna (H_a)**, concluyendo que el análisis comparativo evidencia que los valores de los parámetros microbiológicos superan los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA, mientras que los parámetros fisicoquímicos se mantienen dentro de los rangos aceptables.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La calidad del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza, en el distrito de Ayaviri, 2025, **no es apta para el consumo humano**, ya que, si bien la mayoría de los parámetros fisicoquímicos evaluados (turbiedad, dureza total, cloruros, sulfatos y nitratos) se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el DS N.º 031-2010-SA, los parámetros microbiológicos presentan incumplimientos significativos, especialmente en coliformes totales y coliformes termotolerantes, lo que compromete la seguridad sanitaria del agua.

SEGUNDA: Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos de los pozos del Fundo Nueva Esperanza presentan valores de turbiedad de 3.52 NTU en el Pozo 01 y 4.10 NTU en el Pozo 02, dureza total de 410 mg CaCO₃/L y 380 mg CaCO₃/L respectivamente, cloruros de 235 mg/L y 220 mg/L, sulfatos de 98.50 mg/L y 98.00 mg/L, y nitratos de 0.58 mg/L y 0.45 mg/L, los cuales se encuentran dentro de los rangos permitidos; sin embargo, los parámetros microbiológicos evidencian concentraciones elevadas de coliformes totales (35 y 24 NMP/100 mL) y coliformes termotolerantes (<5 y <4 NMP/100 mL), superando los valores establecidos para agua apta para consumo humano.

TERCERA: El análisis comparativo de los resultados con los LMP del DS N.º 031-2010-SA evidenció que los parámetros fisicoquímicos evaluados cumplen con la normativa vigente; no obstante, los parámetros microbiológicos no cumplen con los límites exigidos, ya que los coliformes totales y termotolerantes superan los valores permisibles (<1.8 NMP/100 mL).

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A las autoridades locales de salud y a los responsables del abastecimiento de agua del Fundo Nueva Esperanza implementar de manera inmediata un sistema de desinfección del agua (como cloración continua o uso de métodos alternativos de potabilización), debido a que los resultados microbiológicos indican que el agua no es apta para el consumo humano, representando un riesgo directo para la salud de la población.

SEGUNDA: A los administradores de los pozos del Fundo Nueva Esperanza mantener un monitoreo periódico de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, al menos de forma semestral, a fin de asegurar que los valores que actualmente se encuentran dentro de los rangos permitidos se mantengan estables y que los parámetros microbiológicos puedan ser controlados oportunamente mediante acciones correctivas.

TERCERA: A la municipalidad distrital de Ayaviri y a la autoridad sanitaria competente capacitar a los usuarios del agua del Fundo Nueva Esperanza sobre prácticas seguras de almacenamiento y consumo del agua (hervido, cloración domiciliaria y limpieza de recipientes), mientras se implementan soluciones técnicas definitivas, para reducir el riesgo de enfermedades de origen hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Alma Ata. (1978). *Salud para todos en el año 2000. En: Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud de Alma-Ata.*
- Alvarez Juarez, H. Y. (2025). Calidad del agua para consumo humano en el Centro Poblado de Hanajquia del Distrito y Provincia de Azángaro—Puno, 2024. *Universidad Privada San Carlos.*
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1327>
- Ambientum. (2022). *Propiedades físicas y organolépticas.*
https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/propiedades_fisicas_y_organolepticas.asp
- Barrenechea, A. (2004). *Aspectos Físicoquímicos de la Calidad del Agua* (Vol. 1).
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Benavides-Serrano, M. E., Choto-Quintanilla, M. D., Pineda-Zaldaña, E. A., Rodríguez-Urrutia, E. A., Ramos-Sosa, R. A., & Arriaza-Alfaro, C. M. (2023). *Caracterización del agua de pozos para consumo humano en tres caseríos del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador.* <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10263397>
- Blesa, M. A. (Ed.). (2012). *Agua y ambiente: Un enfoque desde la química* (1. ed). Eudeba.
- Ccapa Huayta, L. C. (2024). Calidad del agua para consumo humano del sector Tunuhuir Grande centro poblado de Ichu—Puno—2023. *Universidad Privada San Carlos.*
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/827>
- CEPIS. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano* (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente).
http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol_calidaddeagua/cepis_guia_vigilanciaycontrol_calidaddeagua.pdf

- Chávez, V., & Alberto, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304-308.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Chico, J. A. (1977). *Manual de Pozos Rasos*. (Organización Mundial de la Salud).
<https://www.ircwash.org/sites/default/files/212.0-77MA.pdf>
- 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
- Dirección Regional de Salud Moquegua. (2021). *Diagnóstico de la calidad de Agua para consumo Humano 2019*.
<https://www.gob.pe/institucion/regionmoquegua-diresa/informes-publicaciones/2487433-diagnostico-de-la-calidad-de-agua-para-consumo-humano-2019>
- DIRESA. (2018). *Informe N° 027-2018-DSB/DESA/DIRESA/GR-PUNO*.
- Elías, J. W., Gutiérrez, B. N., Narváez, W. R., & Chávez, S. C. (2022). Evaluación de la Calidad de Agua de los Pozos Sector Porvenir la Caña, Distrito de Virú y su Ulterior Potabilización: Evaluation of the Water Quality of the Wells of the Porvenir la Caña Sector, District of Viru and its Subsequent Potabilization. *SENDAS*, 3(1), 65-94. <https://doi.org/10.47192/rcs.v3i1.80>
- Escobar Molina, K. Y. (2024). Concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos del centro poblado de Vilcachile, Ilave, 2023. *Universidad Privada San Carlos*.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/904>
- Flowers, P., Theopold, K., Langley, R., William R. Robinson, P., Flowers, P., Theopold, K., Langley, R., & William R. Robinson, P. (2022, junio 2). *pH y pOH*. OpenStax.
<https://openstax.org/books/qu%C3%ADmica-2ed/pages/14-2-ph-y-poh>
- Herrera, J., & Castilla, J. (2012). *Utilización de Técnicas de Sondeo en Captaciones de agua* (Universidad Politécnica de Madrid).

- Hurtado Arrieta, H. J. (2021). Evaluación de parámetros físico – químico y microbiológico para determinar la categoría de sus aguas – C.P. Quillazu – Oxapampa – 2016. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2398>
- 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>
- Mamani Ochochoque, J. A. (2025). Calidad del agua para consumo humano del manantial de Huallatiri del Distrito de Desaguadero de la Provincia de Chucuito—Puno, 2024. *Universidad Privada San Carlos*.
<https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/1276>
- MINISTERIO DE SALUD. (2010). *Decreto Supremo N.° 031-2010-SA*.
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- MINSA. (2021, mayo 13). *Ley General de Salud (N° 26842)*.
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/256661-26842>
- 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>
- ONU. (2021, marzo 26). *La economía circular: Un modelo económico que lleva al crecimiento y al empleo sin comprometer el medio ambiente*.
<https://news.un.org/es/story/2021/03/1490082>
- OPS. (2023). *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*.
<http://cepis.org.pe/sobre-el-cepis/>
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. C. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019

Sanches, D. (2015). *TEMA 11: Calidad del Agua y su Control* [Universidad de Castilla - La Mancha].

https://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf

Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico* (1a ed). Ediciones de la U.

WHO, G. (1995). *Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones*. (Segunda edición).

Zegarra Butrón, A. T. (2018). *Dispersión de Contaminantes Biológicos en las Aguas subterráneas de la zona sur de la ciudad de Juliaca—2017. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez*. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1358>

Zuta Medina, F. V. (2023). *Estudio de la evolución temporal de la concentración de coliformes fecales en aguas marinas usando imágenes satelitales en las inmediaciones de la Bahía Pucusana y la PTAR Chira, Lima – Perú*.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación.

CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS POZOS DEL FUNDO NUEVA ESPERANZA EN EL DISTRITO DE AYAVIRI - 2025

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSIÓN | INDICADORES | METODOLOGÍA |
|---|--|--|--|--|--|--|
| <p>General ¿Cómo es la calidad del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025?</p> <p>Específicos ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025?</p> <p>¿Cumplirán las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, con los límites máximos permisibles según D.S. N° 031-2010-SA?</p> | <p>General Evaluar la calidad del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025.</p> <p>Específicos Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025.</p> <p>Realizar el análisis comparativo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, de acuerdo a los límites máximos permisibles según DS N° 031-2010-SA</p> | <p>General La calidad del agua de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025, es apta para consumo humano</p> <p>Específicas La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza en el distrito de Ayaviri, 2025, son elevados.</p> <p>El análisis comparativo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano de los pozos del Fundo Nueva Esperanza, en el distrito de Ayaviri, evidencia que dichos valores superan los límites máximos permisibles establecidos en el DS N.º 031-2010-SA..</p> | <p>V.I. Agua de pozos</p> <p>V.D. Calidad del agua</p> | <p>Concentración Física.</p> <p>Concentración Química.</p> <p>Concentración Microbiológica</p> <p>LMP, D.S N°031-2010-SA</p> | <p>Color Turbiedad Conductividad eléctrica (CE) Sólidos totales disueltos</p> <p>pH Cloruros Sulfatos Dureza Total Nitratos</p> <p>Coliformes totales Coliformes fecales</p> <p>Cumplimiento</p> | <p>Diseño: No experimental</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Población y Muestra: Dos manantiales de agua.</p> <p>Técnicas: La norma ABNT 15.847 de 2010, adaptada de las normas ASTM D 6452:1999 y ASTM D 4448:2001, para la toma de muestras.</p> <p>Instrumentos: Normativa de LMP, D.S N°031-2010-SA y Análisis de Laboratorio.</p> |

Anexo 02: Límites máximos permisibles para agua de consumo humano.

Agua apta para el consumo humano, es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el Reglamento D.S. N° 031-2010-SA.

ANEXO I del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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

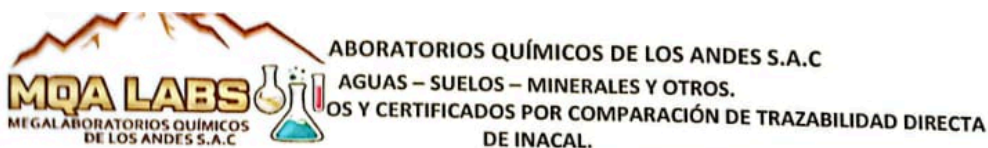
ANEXO II del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

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

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Anexo 03: Análisis de laboratorio del Pozo 01



RUC: 20612800741

**INFORME DE ENSAYO 0339/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS**

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE POZO EXCAVADO.

PROCEDENCIA : FUNDO NUEVA ESPERANZA DEL DISTRITO DE AYAVIRI.
INTERESADO : RUTH ESTHER ARELA CJUNO.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUIMICO Y BACTEREOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 15/12/2025(por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 16/12/2025.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido.
Color : Incoloro.

CARACTERÍSTICAS FISICAS:

| PARAMETROS | UNIDAD | P - 1 POZO | METODOLOGÍA |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------------|
| pH | | 6.45 | Potenciometro |
| C.E | µS/cm | 1280 | Conductímetro |
| Temperatura (°C) | °C | 14.01 | Termómetro |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/l | 0.64 | Sólidos Disueltos Totales |
| Turbiedad | NTU | 3.52 | Multiparámetro de Agua |

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

| | | | |
|--|------|--------|---------------------------------------|
| Dureza Total (como CaCO ₃) | mg/l | 410.00 | Titulación con EDTA |
| Alcalinidad (como CaHCO ₃) | mg/l | 122.00 | Titulación ácido-base |
| Cloruros (como Cl ⁻) | mg/l | 235.00 | Titulación de Mohr |
| Sulfatos (como SO ₄ ⁻²) | mg/l | 98.50 | Espectrofotometría (Método de bario). |
| Nitratos (como NO ₃ ⁻) | mg/l | 0.58 | método colorimétrico |
| Calcio (como Ca ⁺⁺) | mg/l | 45.90 | Titulación con EDTA |
| Magnesio (como Mg ⁺⁺) | mg/l | 31.20 | Titulación con EDTA |
| Aceites y Grasas | mg/l | 0.000 | Equipo Soxhlet. |

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

| | | | |
|----------------------------|-----------|----|-----------------------|
| Coliformes totales | NMP/100ml | 35 | APHA 9221B / EPA 1680 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100ml | <5 | APHA 9222D / EPA 1603 |

INTERPRETACION:

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

NOTA: La muestra se recepcionó en el laboratorio.



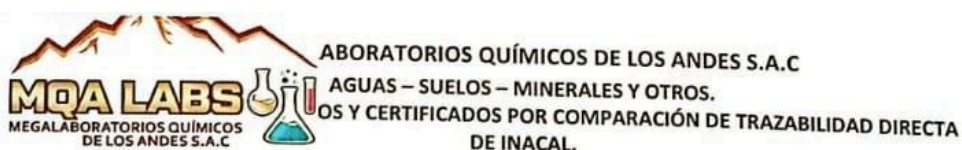
Benito Fernández Callepaza
RUC: 20612800741
GERENTE



Salomón Justo Morales Yucra
INGENIERO QUÍMICO
ANALISTA DE LABORATORIO

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgola - Puno
Cel. 973296546 - 983003185

Anexo 04: Análisis de laboratorio del Pozo 02.



RUC: 20612800741

**INFORME DE ENSAYO 0338/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS**

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE POZO TUBULAR.

PROCEDENCIA : FUNDO NUEVA ESPERANZA DEL DISTRITO DE AYAVIRI.
INTERESADO : RUTH ESTHER ARELA CJUNO.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUIMICO Y BACTEREOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 15/12/2025(por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 16/12/2025.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido.
Color : Incoloro.

CARACTERÍSTICAS FISICAS:

| PARAMETROS | UNIDAD | P - 2 TUBULAR | METODOLOGÍA |
|---------------------------|--------|------------------|---------------------------|
| pH | | 6.55 | Potenciometro |
| C.E | µS/cm | 1200 | Conductímetro |
| Temperatura (°C) | °C | 14.00 | Termómetro |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/l | 0.60 | Sólidos Disueltos Totales |
| Turbiedad | NTU | 4.10 | Multiparámetro de Agua |

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

| | | | |
|--|------|--------|---------------------------------------|
| Dureza Total (como CaCO ₃) | mg/l | 380.00 | Titulación con EDTA |
| Alcalinidad (como CaHCO ₃) | mg/l | 120.00 | Titulación ácido-base |
| Cloruros (como Cl ⁻) | mg/l | 220.00 | Titulación de Mohr |
| Sulfatos (como SO ₄ ⁻²) | mg/l | 98.00 | Espectrofotometría (Método de bario). |
| Nitratos (como NO ₃ ⁻) | mg/l | 0.45 | método colorimétrico |
| Calcio (como Ca ⁺⁺) | mg/l | 45.00 | Titulación con EDTA |
| Magnesio (como Mg ⁺⁺) | mg/l | 30.00 | Titulación con EDTA |
| Aceites y Grasas | mg/l | 0.000 | Equipo Soxhlet. |

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

| | | | |
|----------------------------|-----------|----|-----------------------|
| Coliformes totales | NMP/100ml | 24 | APHA 9221B / EPA 1680 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100ml | <4 | APHA 9222D / EPA 1603 |

INTERPRETACION:

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

NOTA: La muestra se recibió en el laboratorio.



Gerente



Analista de Laboratorio

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgola - Puno
Cel. 973296546 - 983003185

Anexo 05: Galería fotográfica.



Figura 15: Vista panorámica del pozo P -1.



Figura 16: Preparando los materiales para la toma de muestra del pozo P - 1.



Figura 17: Extrayendo agua del pozo P - 1.



Figura 18: Rotulando la muestra del pozo P -1



Figura 19: Vista panorámica de la ubicación de la muestra pozo P - 2.



Figura 20:. Extracción de agua del pozo P - 2.



Figura 21: Almacenamiento de agua del pozo P - 2



Figura 22: Rotulación de la muestra de agua del pozo P - 2



Figura 23: Almacenamiento de las muestras para su análisis en laboratorio.