

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO
DE HANAJQUIA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE AZÁNGARO - PUNO, 2024**

PRESENTADA POR:

HELDER YAVE ALVAREZ JUAREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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



15.48%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 7 APR 2025, 10:13 AM

Similarity report

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

● IDENTICAL
4.25%

● CHANGED TEXT
11.23%

Report #25667117

HELDER YAVE ALVAREZ JUAREZ // CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO DE HANAJQUIA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE AZÁNGARO - PUNO, 2024 RESUMEN La presente investigación ha tenido como objetivo evaluar la calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, la investigación fue de tipo descriptivo y con un diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por un litro de agua proveniente del manantial del sector Sacacani, obtenida siguiendo el protocolo nacional de calidad de los recursos hídricos, documento proporcionado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), siendo los resultados siguientes: los valores de los parámetros físicos, químicos tuvieron las concentraciones 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) 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]. Los valores de los parámetros analizados fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Concluyendo que, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, el

Yudy Roxana ALANIA LAQUI
Oficina de Repositorio Institucional

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

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO
DE HANAJQUIA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE AZÁNGARO - PUNO, 2024**

PRESENTADA POR:

HELDER YAVE ALVAREZ JUAREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:


INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: Ingeniería, Tecnológica.

Sub área: Ingeniería Ambiental.

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 11 de abril del 2025.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y darme la fortaleza para superar cada desafío en este camino académico.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Sin su sacrificio y enseñanzas, este logro no sería posible.

A mis hermanos y familia, por su aliento constante y por estar siempre a mi lado, celebrando mis logros y dándome ánimo en los momentos difíciles.

A mis amigos y compañeros, quienes con su compañía, consejos y palabras de aliento hicieron que este proceso fuera más llevadero y enriquecedor.

A mis docentes y asesores, por compartir su conocimiento, su paciencia y su guía invaluable en cada etapa de esta investigación.

Y, finalmente, a toda la comunidad académica y profesional, que con su dedicación y compromiso me inspira a seguir aprendiendo y creciendo cada día.

AGRADECIMIENTOS

Con profundo respeto y gratitud, expreso mi reconocimiento a la Universidad Privada San Carlos – Puno, por haber sido mi segundo hogar, un espacio donde adquirí conocimientos y valores fundamentales para mi desarrollo académico y profesional. Durante mis años de estudio, tuve el privilegio de aprender de distinguidos docentes, cuya dedicación y enseñanza me permitieron alcanzar uno de mis objetivos más anhelados.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarme las herramientas y conocimientos esenciales a lo largo de mi formación, contribuyendo significativamente a mi crecimiento intelectual y profesional.

A mi asesor, M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por su compromiso, paciencia y apoyo incondicional durante el proceso de elaboración de este trabajo de investigación. Su guía ha sido fundamental para la culminación de esta etapa.

Asimismo, expreso mi más sincero agradecimiento a los distinguidos miembros del jurado:

- Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez, presidenta del jurado.
- Dr. Esteban Isidro León Apaza, primer miembro del jurado.
- Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, segundo miembro del jurado.

Agradezco profundamente sus observaciones y aportes, los cuales enriquecieron y fortalecieron mi investigación.

Finalmente, mi reconocimiento y gratitud a los pobladores del Centro Poblado de Hanajquia, quienes, con su generosidad y disposición, facilitaron el acceso a sus terrenos, permitiéndome llevar a cabo mi trabajo de investigación. Su colaboración ha sido esencial para el desarrollo de este estudio.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	17
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	20
2.1.1. CALIDAD DEL AGUA	20
2.1.2. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	21
2.1.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA	22
2.1.4. MANANTIALES	22
2.2. MARCO CONCEPTUAL	23
2.3. MARCO NORMATIVO	26
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	27
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	27
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	27

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO	28
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	29
3.2.1. POBLACIÓN.	29
3.2.2. MUESTRA.	29
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	30
3.3.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	30
3.3.2. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:	32
3.3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INVESTIGACIÓN:	33
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	34
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	34

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. VALORES DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO DE HANAJQUIA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE AZÁNGARO - PUNO.	36
4.2. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA QUE CONSUMEN LOS HABITANTES DEL CENTRO POBLADO DE HANAJQUIA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE AZÁNGARO - PUNO, CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DEL D.S. 031-2010-S.A.	39
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	42
4.4.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.	42
4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.	43
4.4.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.	43
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Coordenadas del punto de monitoreo.	30
Tabla 02: Metodología de los parámetros físicos y químicos.	31
Tabla 03: Metodología de los parámetros microbiológicos.	32
Tabla 04: Instrumentos de recolección de datos.	33
Tabla 05: Identificación de variables.	34
Tabla 06: Resultados de los parámetros fisicoquímicos.	37
Tabla 07: Resultados de los parámetros microbiológicos.	38
Tabla 08: Resultados de los parámetros fisicoquímicos.	39
Tabla 09: Resultados de los parámetros microbiológicos.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación del distrito de Azángaro en el departamento de Puno.	28
Figura 02: Ubicación de la zona de Estudio.	29

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Límites máximos permisibles del Reglamento de Calidad de Agua para consumo humano.	53
Anexo 02: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros físico químicos.	58
Anexo 03: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros físico químicos.	59
Anexo 04: Matriz de consistencia de la investigación.	60
Anexo 05: Galería fotográfica.	61

RESUMEN

La presente investigación ha tenido como objetivo evaluar la calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, la investigación fue de tipo descriptivo y con un diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por un litro de agua proveniente del manantial del sector Sacacani, obtenida siguiendo el protocolo nacional de calidad de los recursos hídricos, documento proporcionado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), siendo los resultados siguientes: los valores de los parámetros físicos, químicos tuvieron las concentraciones 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⁻) 56 [mg SO₄²⁻/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]. Los valores de los parámetros analizados fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. Concluyendo que, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, el agua cumple con los estándares establecidos en la normativa vigente. Sin embargo, en lo que respecta a los parámetros microbiológicos, se evidenció un incumplimiento de los valores permitidos, lo que representa un riesgo para la salud de la población. En consecuencia, se concluye que el agua potable consumida por los habitantes del centro poblado de Hanajquia no es de calidad adecuada, ya que la concentración de los parámetros microbiológicos analizados no cumple con el reglamento de calidad del agua para consumo humano.

Palabras clave: Calidad de agua, LMP, Manantial, Parámetros fisicoquímicos, Parámetros microbiológicos.

ABSTRACT

The present investigation aimed to evaluate the quality of drinking water consumed by the inhabitants of the Hanajquia population center in the district and province of Azángaro - Puno. The research was descriptive and had a non-experimental design. The sample consisted of one liter of water from the spring in the Sacacani sector, obtained following the national protocol for the quality of water resources, a document provided by the National Water Authority (ANA), the results being as follows: the values of the physical and chemical parameters had the following concentrations: pH: 7.5, electrical conductivity: 0.08 [mS/cm], temperature: 16 [°C], total hardness: 19 [mg CaCO₃/L], alkalinity: 22.18 [mg/L], Chlorides (Cl⁻): 8.51 [mg Cl/L], Sulfates: (SO₄⁻²) 56 [mg SO₄/L], Nitrates (NO₃⁻): 0 [mg NO₃/L], Calcium (Ca⁺⁺): 2.28 [mg/L], Magnesium (Mg⁺): 3.21 [mg/L], total dissolved solids: 0.04 [mg/L], and for the parameters Microbiological: Total coliforms: 10 [MPN/100 ml] and Thermotolerant coliforms: 0 [MPN/100 ml]. The values of the analyzed parameters were compared with the Maximum Permissible Limits (MPL) established in Supreme Decree No. 031-2010-SA. The results indicated that, in terms of the physicochemical parameters, the water complies with the standards established in the current regulations. However, with regard to the microbiological parameters, a non-compliance with the permitted values was evident, which represents a risk to the health of the population. Consequently, it is concluded that the drinking water consumed by the inhabitants of the town of Hanajquia is not of adequate quality, since the concentration of the microbiological parameters analyzed does not comply with the regulations for water quality for human consumption.

Keywords: Water quality, LMP, Spring, Physicochemical parameters, Microbiological parameters.

INTRODUCCIÓN

El acceso a agua potable en cantidad, calidad y continuidad es un derecho humano fundamental y un factor clave para la salud y el bienestar de las personas. Una gestión eficiente de este recurso no solo previene enfermedades, sino que también contribuye al desarrollo sostenible de las comunidades. Sin embargo, en muchas localidades rurales, como Hanajquia, la falta de análisis sistemáticos y de medidas de tratamiento adecuadas expone a la población a riesgos sanitarios considerables.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la calidad del agua consumida en Hanajquia, proporcionando un diagnóstico detallado que servirá como base para la toma de decisiones por parte de las autoridades municipales. La identificación de contaminantes y la evaluación de los riesgos para la salud permitirán diseñar estrategias de mitigación que garanticen un suministro de agua seguro y abundante.

Asimismo, el estudio reviste una importancia especial debido a la dependencia histórica de la población de fuentes naturales, como los manantiales de Azángaro, los cuales han sido su principal abastecedor de agua. La ausencia de un monitoreo riguroso ha generado una exposición constante a enfermedades gastrointestinales y parasitarias, afectando la calidad de vida de los habitantes.

Por ello, esta investigación busca no solo aportar datos científicos sobre la calidad del agua, sino también generar conciencia sobre la necesidad de una gestión sostenible del recurso hídrico. A través de los resultados obtenidos, se espera que las autoridades y la comunidad implementen acciones concretas que aseguren el acceso a agua potable, promoviendo así el bienestar y el desarrollo de la población de Hanajquia.

El presente documento se estructura en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Se plantea el problema de investigación, respaldado con información relevante. Además, se presentan antecedentes a nivel internacional, nacional y local, para finalmente establecer los objetivos del estudio.

Capítulo II: Se desarrollan los conceptos clave que sustentan la investigación, incluyendo el marco teórico, el marco conceptual y la normativa nacional vigente. Asimismo, se presentan las hipótesis del estudio.

Capítulo III: Se describe la metodología utilizada en la investigación, detallando la zona de estudio, la población y la muestra, así como el enfoque estadístico empleado para el análisis de los datos.

Capítulo IV: Se exponen los resultados obtenidos y se realiza su análisis e interpretación, permitiendo comprender su impacto en la problemática estudiada.

Finalmente, el documento concluye con un apartado de conclusiones, donde se presentan nuestras apreciaciones sobre los hallazgos obtenidos, seguido de una sección de recomendaciones, en la que se plantean sugerencias basadas en la experiencia y los resultados del estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso universal a agua potable es un pilar fundamental para la salud humana y un derecho inalienable. Sin embargo, la contaminación de las fuentes de agua, principalmente por heces humanas o animales, representa una grave amenaza. Estos desechos contienen una amplia gama de patógenos, como bacterias, virus, parásitos y helmintos, que pueden causar diversas enfermedades (UNESCO, 2022), además de los contaminantes microbianos, los químicos también representan una amenaza para la salud. Por ello, es insuficiente confiar solo en los análisis del agua ya tratada, incluso si son frecuentes. Es necesario implementar medidas preventivas a lo largo de todo el proceso de potabilización. (ONU, 2019).

El Perú, altamente vulnerable al cambio climático, experimenta una creciente escasez hídrica y una degradación de la calidad del agua. Esta situación se agrava por una gestión inadecuada del recurso hídrico y sus residuos. El estudio “Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales” resalta la importancia de una coordinación intersectorial efectiva. Para abordar este desafío, es necesario mejorar la coordinación entre las instituciones encargadas de la gestión del agua, como la Autoridad Nacional del Agua y los ministerios de Vivienda y Ambiente. Una gestión coordinada permitirá optimizar el tratamiento de las aguas residuales y, en

consecuencia, mejorar la calidad del agua disponible para el consumo humano y otros usos.

Por otra parte, establece lineamientos para el manejo y control de efluentes industriales, proyectando la reutilización de estos como una estrategia para asegurar la calidad hídrica a nivel nacional (Autoridad Nacional del Agua, 2014).

En la comunidad de Hanajquia, ubicada en el distrito de Azángaro, provincia de Puno, la población depende de un reservorio alimentado por el manantial de Sacacani para satisfacer sus necesidades básicas de agua. Lamentablemente, esta fuente de agua no cuenta con ningún tratamiento previo ni con un sistema de monitoreo regular, más allá del control informal de los propios comuneros. La ausencia de análisis fisicoquímicos y microbiológicos sistemáticos expone a la población a un riesgo considerable de enfermedades, ya que el agua consumida podría no cumplir con los estándares de calidad establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Esta situación pone en evidencia la urgencia de implementar medidas concretas y sostenidas para garantizar la seguridad sanitaria del agua destinada al consumo humano en esta comunidad. La presencia de coliformes totales, aunque no termotolerantes, revela una posible exposición del recurso hídrico a fuentes de contaminación ambiental, lo que representa un riesgo latente para la salud pública, especialmente para los grupos más vulnerables como niños, personas mayores y personas con sistemas inmunológicos comprometidos. Ante este panorama, es indispensable fortalecer las acciones de monitoreo permanente de la calidad del agua, mejorar las infraestructuras de captación, almacenamiento y tratamiento, así como promover la educación sanitaria en la población para prevenir prácticas que contribuyan a la contaminación del recurso.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo es la calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, 2024?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles serán los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo humano en el centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno?
- ¿Estarán los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, dentro de los Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-S.A.?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Ospina y Cardona (2021), alertan sobre la preocupante presencia de aluminio en las fuentes de agua de consumo humano en la región central de Colombia. Estos investigadores señalan que, aunque el aluminio puede estar presente de forma natural, las actividades humanas también contribuyen a su acumulación en el agua. Concentraciones superiores a 0.2 mg/L, como las encontradas en más del 30% de los municipios evaluados, se asocian a riesgos para la salud, incluyendo problemas neurológicos y óseos. La prevalencia de este problema resalta la necesidad urgente de implementar medidas de control y tratamiento del agua para proteger la salud de la población.

Rocha et al. (2022), evaluaron la calidad de siete muestras de agua subterránea, encontrando que si bien cumplen con los estándares químicos, presentan deficiencias en cuanto a características organolépticas y calidad microbiológica. Los análisis hidroquímicos revelaron que la mayoría de las muestras se clasifican como tipo $\text{Na}^+\text{HCO}_3^-$, indicando una mineralización relativamente alta. Si bien dos pozos son utilizados para fines agrícolas, los restantes requieren un tratamiento previo antes de ser consumidos debido a las alteraciones en su calidad.

Choque y Quispe (2023), evaluaron la calidad del agua en diversos pozos, encontrando que solo el pozo de Campos Verdes cumplía con la norma NB-512 para consumo humano. El resto de las muestras superaban al menos un parámetro como coliformes totales, turbidez, color, hierro, manganeso o amonio. A pesar de esto, no se halló una relación directa entre las condiciones sanitarias de los pozos y la calidad del agua, lo que subraya la importancia de realizar análisis de laboratorio de forma regular para garantizar la potabilidad.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Albornoz (2019), en su estudio exhaustivo llevado a cabo en los manantiales Yuraj Puquio, Ñawin Puquio y Garua, ubicados en el distrito de Rondos (Centro Poblado de Huacarcocha), con el objetivo de determinar la calidad del agua para consumo humano. A través de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, se compararon los resultados obtenidos con los estándares de calidad establecidos en la normativa nacional (D.S. N° 031-2010-SA). Los datos recolectados fueron sometidos a un análisis estadístico utilizando la prueba t de Student y software especializado. Los resultados de esta investigación evidenciaron que los parámetros evaluados en los tres manantiales exceden los límites máximos permisibles, lo que compromete la calidad del agua para consumo humano en la zona.

Cordova y Muñoz (2021), realizaron un estudio en los manantiales Pauco 1 y 2, en El Utco (Celendín, Cajamarca), evaluando su calidad de agua mediante un enfoque analítico, descriptivo y comparativo. Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, respaldados por herramientas estadísticas y un 95% de confianza, mostraron que la mayoría de parámetros ambientales cumplen con los estándares establecidos. No obstante, se detectó una alta contaminación bacteriológica por coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*, lo que impide su consumo directo.

Hurtado (2021); investigó la calidad del agua en tres captaciones del centro poblado de Quillazu: Quillazu I Sector, Progreso 01 y Progreso 02, con el fin de verificar su cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental del D.S. N° 004-2017-MINAM. Mediante un enfoque observacional, descriptivo y longitudinal, se analizaron muestras de agua utilizando SPSS y la prueba t de Student. Los parámetros fisicoquímicos se encontraron dentro de los límites permitidos, pero los resultados microbiológicos incumplieron la normativa, evidenciando contaminación que representa un riesgo para la salud pública.

Huaccha y Villena (2021), realizaron un análisis exhaustivo de la calidad del agua en el caserío Agua Blanca, Sorochuco, Cajamarca. A través de muestreos estacionales (marzo, junio y septiembre), los investigadores evaluaron diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados revelaron una conductividad eléctrica de 514,70 uS/cm, un pH ligeramente alcalino (7,56) y una dureza total considerable (293,93 mg/L). Aunque los niveles de metales pesados como el aluminio y el manganeso se encontraban por debajo de los límites permisibles, la presencia de coliformes totales (10,61 NMP/100mL) y, en menor medida, de coliformes termotolerantes (0,7 NMP/100mL) indica una posible contaminación fecal del agua, lo cual compromete su potabilidad.

Leon (2024), reveló una preocupante contaminación fecal del agua subterránea en los tres pozos evaluados, evidenciada por los elevados recuentos de coliformes totales. Aunque no se especifican los tipos de parásitos encontrados, la presencia de estos indicadores bacterianos sugiere la posible presencia de otros patógenos, como virus o protozoos, que podrían comprometer la salud de la población.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

En su investigación Sarmiento (2023), evaluó la calidad del agua de ocho pozos destinados al consumo humano. Los resultados de los análisis fisicoquímicos revelaron que la temperatura, turbidez y conductividad eléctrica se encontraban dentro de los

límites permitidos por la normativa peruana (DS N°031-2010-SA). Sin embargo, se detectaron niveles elevados de dureza total y nitratos, superando los estándares establecidos. Estos hallazgos sugieren una potencial contaminación de origen natural o antropogénico en los acuíferos. Los parámetros químicos como pH, cloruros, sulfatos y sodio se encontraron dentro de los rangos aceptables, indicando que la calidad del agua en términos de estos componentes es adecuada para el consumo humano. No obstante, la presencia de niveles elevados de dureza total podría afectar el sabor y la apariencia del agua, además de generar problemas en sistemas de distribución y equipos domésticos. Respecto a la calidad bacteriológica del agua, los resultados evidenciaron la presencia de coliformes totales y termotolerantes en concentraciones superiores a los límites máximos permisibles. Estos indicadores bacteriológicos sugieren una contaminación fecal del agua, lo cual representa un grave riesgo para la salud pública.

Escobar (2024), llevó a cabo un estudio cuyo objetivo principal fue evaluar la calidad del agua de cuatro pozos utilizados para consumo humano. Para ello, se analizaron tanto los parámetros físico-químicos como los microbiológicos del agua. La investigación se basó en un diseño no experimental y descriptivo, donde se recolectaron muestras de los cuatro pozos seleccionados. Los resultados del estudio revelaron que los valores de pH del agua se encontraron dentro del rango aceptable, oscilando entre 6.67 y 7.02, lo que indica una ligera acidez a neutralidad. la temperatura del agua se mantuvo constante en 14 °C en todos los pozos analizados, lo cual es un indicativo de estabilidad térmica en el sistema subterráneo de donde se extrae el recurso hídrico. Esta constancia favorece la conservación de las condiciones físico-químicas del agua y puede estar relacionada con la profundidad y el entorno geológico de los pozos. En lo que respecta a la conductividad eléctrica, se observaron ligeras variaciones, con valores comprendidos entre 97.80 y 117.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos valores reflejan una baja concentración de sales disueltas, lo que sugiere una salinidad reducida y, por ende, una buena calidad del agua desde el punto de

vista mineral. Finalmente, los análisis microbiológicos mostraron resultados altamente favorables, evidenciando una casi nula presencia de bacterias coliformes totales y fecales en todas las muestras analizadas, con valores inferiores a 1 UFC/100 ml.

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo humano en el centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno.
- Comparar los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, con los Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-S.A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. CALIDAD DEL AGUA

El agua es el componente principal de todos los organismos vivos y el medio en el que se desarrollan la mayoría de los procesos biológicos, además ha sido fundamental para el desarrollo de las civilizaciones (Ponce, 2015).

A lo largo de la historia, las civilizaciones han florecido en las riberas de ríos, lagos y manantiales. Desde las antiguas culturas mesopotámica y egipcia hasta las grandes urbes actuales, el acceso al agua ha sido un factor determinante para el asentamiento humano y el desarrollo socioeconómico. (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018).

El agua cubre aproximadamente el 71 % de la superficie terrestre, lo que puede dar la impresión de que se trata de un recurso abundante e inagotable. Sin embargo, solo el 2.5 % de toda esa cantidad corresponde a agua dulce, apta para el consumo humano, la agricultura, la industria y otros usos esenciales. De ese pequeño porcentaje, alrededor del 69 % está atrapado en forma de hielo en glaciares, casquetes polares y nieves perpetuas, lo que lo hace inaccesible en el corto plazo. Otro 30 % se encuentra almacenado en acuíferos subterráneos, los cuales, aunque representan una fuente vital para muchas poblaciones, requieren de una explotación cuidadosa para evitar su agotamiento o contaminación. Solo una fracción mínima: menos del 1 % del agua dulce se halla en

cuerpos superficiales como ríos, lagos y en la humedad del suelo, siendo esta última la fuente principal de acceso directo para la mayoría de las actividades humanas. (Auge, 2007).

La falta de acceso a agua potable de calidad en zonas urbanas y rurales es un problema de salud pública de primer orden. La contaminación de las fuentes de agua, sumada a la deficiente operación de las plantas de tratamiento y a las redes de distribución en mal estado, favorece la proliferación de enfermedades transmitidas por el agua, poniendo en riesgo la salud de millones de personas (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018).

2.1.2. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

La manipulación inadecuada de excrementos humanos y heces, así como la falta de higiene en la preparación de alimentos y el consumo de agua contaminada, pueden desencadenar una amplia gama de enfermedades, muchas de ellas graves e incluso mortales. Estas enfermedades pueden afectar a personas de todas las edades y causar problemas de salud a largo plazo (Dirección General de Salud Ambiental, 2010).

Los microorganismos son los principales responsables de las enfermedades infecciosas que afectan a la humanidad. Desde las bacterias que causan infecciones simples hasta los virus que provocan pandemias, estos patógenos representan una amenaza constante para la salud global. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades infecciosas siguen siendo una de las principales causas de muerte en todo el mundo (Gianoli et al., 2018). La presión adecuada en la red, los niveles adecuados de desinfectante y el monitoreo constante de la calidad del agua están estrechamente relacionados. Una presión baja puede favorecer el crecimiento de bacterias en las tuberías, mientras que un nivel insuficiente de desinfectante puede permitir la proliferación de microorganismos patógenos (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018).

2.1.3. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA

La calidad del agua se evalúa principalmente a través del análisis de parámetros físicos y químicos, los cuales permiten identificar las características esenciales del recurso y detectar posibles contaminantes que puedan representar riesgos para la salud humana o el medio ambiente (Surita, 2022). Esta evaluación se realiza mediante la comparación de los resultados obtenidos con los valores de referencia establecidos en normas técnicas y legales. Según Tarazona (2022), este proceso de comparación es fundamental para determinar si el agua cumple con los requisitos mínimos de calidad necesarios para su uso en consumo humano, actividades productivas o conservación ambiental. En el contexto peruano, esta evaluación se basa en la normativa sanitaria vigente, particularmente en lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, que establece los criterios de calidad para el agua destinada al consumo humano (Cruz y Delgado, 2022). Asimismo, para evaluar el impacto sobre cuerpos de agua naturales y garantizar su protección, se recurre a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. En particular, la subcategoría A1 de dicha norma regula los parámetros para aguas destinadas a la producción de agua potable sin tratamiento previo, exigiendo condiciones estrictas de pureza y ausencia de contaminantes (Guevara y Zurita, 2021).

2.1.4. MANANTIALES

Son el resultado de un proceso geológico en el cual el agua subterránea, al encontrar una capa impermeable, busca una salida hacia la superficie. Estas surgentes naturales suelen encontrarse en las bases de las laderas o en las llanuras aluviales, donde la topografía favorece la descarga del agua subterránea (Rodríguez et al. , 2003). Los manantiales son una fuente de agua crucial para muchas comunidades rurales, especialmente en áreas donde la infraestructura de agua potable es limitada. Si bien su tratamiento suele ser

menos complejo y costoso que el de otras fuentes de agua, la simple desinfección a menudo resulta insuficiente para garantizar una calidad óptima (Brousett et al., 2018).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

AGUA: El agua es el compuesto químico más fundamental para la vida en la Tierra, indispensable no solo para la supervivencia de los seres humanos, sino también para el funcionamiento de todos los ecosistemas del planeta (Monte, 2016). Su fórmula molecular simple, H_2O , esconde una complejidad biológica y ecológica inmensa, ya que interviene en una gran variedad de procesos esenciales como la fotosíntesis, la respiración celular, la digestión, la regulación térmica del cuerpo y el transporte de nutrientes (Machacca, 2022).

POTENCIAL DE HIDROGENIONES: El pH, una medida de la concentración de iones de hidrógeno, es un parámetro fundamental para evaluar la calidad del agua. Esta escala logarítmica, que va de 0 a 14, indica la acidez o alcalinidad del agua y tiene un impacto directo en diversos procesos naturales y antropogénicos. Un pH adecuado es esencial para la vida acuática, la eficacia de los tratamientos de agua y la prevención de la corrosión. Los factores que influyen en el pH incluyen la disolución de gases atmosféricos, la actividad biológica y las descargas de efluentes. Para determinar el pH, se emplean comúnmente electrodos selectivos, aunque también existen otros métodos (Londoño, 2007).

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: El agua pura es un excelente aislante eléctrico debido a la ausencia de iones libres. Sin embargo, la presencia de sales minerales, ácidos o bases disueltas en el agua aumenta significativamente su conductividad eléctrica. Esta propiedad se aprovecha para determinar la pureza del agua y la concentración de electrolitos presentes. La conductividad eléctrica, medida en microsiemens por centímetro ($\mu S/cm$), es un parámetro ampliamente utilizado en diversos campos, desde la química hasta la hidrología. (Londoño, 2007).

OXÍGENO DISUELTO: El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro esencial para evaluar la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos. La concentración de oxígeno en el agua depende de diversos factores, como la temperatura, la presión atmosférica y la actividad biológica. La medición in situ del OD permite monitorear la evolución de los niveles de oxígeno y detectar posibles alteraciones en la calidad del agua (Sensores e instrumentación Guemisa S.L, 2007)

SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS: Los sólidos disueltos totales (SDT) representan la cantidad total de material sólido disuelto en una muestra de agua, incluyendo partículas de tamaño inferior a 2 micras. (Organización Mundial de la Salud, 2006).

NITRATOS: Los nitratos son nutrientes esenciales para las plantas, pero en exceso pueden provocar la eutrofización de cuerpos de agua. Este fenómeno se caracteriza por un crecimiento excesivo de algas, que al descomponerse consumen gran cantidad de oxígeno disuelto y pueden generar zonas muertas. Además, los nitratos pueden ingresar a la cadena alimentaria y acumularse en organismos acuáticos, representando un riesgo para la salud humana y la biodiversidad (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018).

SULFATOS: Los sulfatos son un indicador de la calidad del agua. Aunque pueden tener origen industrial o atmosférico, sus mayores concentraciones suelen encontrarse en aguas subterráneas por causas naturales. Aunque el cuerpo humano los necesita en pequeñas cantidades, niveles elevados en el agua pueden alterar su sabor y generar problemas de salud. (Organización Mundial de la Salud, 2006).

DUREZA TOTAL: La dureza del agua es una medida de la concentración de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, expresada comúnmente en miligramos de carbonato de calcio por litro (mg/L CaCO₃). Estos iones provienen principalmente de la disolución de rocas calcáreas y dolomíticas, aunque también pueden ser introducidos por actividades humanas. Un agua dura puede causar diversos problemas. En el hogar,

puede reducir la eficacia de los detergentes, formar manchas en la ropa y los electrodomésticos, y contribuir a la formación de incrustaciones en tuberías (Londoño, 2007).

CLORUROS: Los cloruros presentes en el agua de consumo tienen diversas fuentes, incluyendo procesos naturales, aguas residuales, vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo e intrusiones salinas. Altas concentraciones de cloruros pueden causar diversos problemas. Aumentan la velocidad de corrosión de metales como el hierro y el acero en los sistemas de distribución, lo que puede llevar a la liberación de metales en el agua y afectar su calidad. Además, los cloruros pueden impartir un sabor salado al agua y contribuir a la formación de biopelículas en las tuberías (Organización Mundial de la Salud, 2006)

CIANURO: El cianuro es una sustancia altamente tóxica que puede estar presente en alimentos y agua. Las principales fuentes de contaminación por cianuro incluyen actividades industriales como la minería, la metalurgia y la producción de ciertos plásticos, así como procesos naturales como la descomposición de materia orgánica en condiciones anaeróbicas (Organización Mundial de la Salud, 2006).

MERCURIO: La principal vía de exposición al mercurio en la población general es la ingesta de alimentos, especialmente pescado. No obstante, la exposición ocupacional también representa un riesgo significativo. Los niveles promedio de ingesta diaria de mercurio a través de la dieta varían considerablemente entre países, oscilando entre 2 y 20 microgramos por persona y día (Organización Mundial de la Salud, 2006)

ARSÉNICO: La disolución de minerales y menas naturales en el agua constituye la principal fuente de contaminación por arsénico en el suministro de agua potable. Por ello, se ha establecido un límite máximo de 10 µg/L de arsénico en el agua potable (Organización Mundial de la Salud, 2006)

ESCHERICHIA COLI: Constituye un parámetro bacteriológico de gran relevancia en la evaluación de la calidad del agua. Debido a su asociación con la contaminación fecal, se utiliza como indicador microbiológico en los análisis rutinarios llevados a cabo por las autoridades sanitarias. Este coliforme termotolerante, integrante de la microbiota intestinal, puede detectarse mediante técnicas microbiológicas en diversos ambientes acuáticos, como aguas residuales industriales o cuerpos de agua enriquecidos en materia orgánica (Gianoli et al., 2018)

COLIFORMES TOTALES: En los análisis de calidad del agua, los coliformes totales, un grupo diverso de bacterias que incluye a *Enterobacter cloacae* y *Citrobacter freundii*, se emplean como indicadores microbiológicos. Aunque su presencia suele relacionarse con la contaminación fecal, estos microorganismos tienen una amplia distribución en el ambiente, incluyendo el suelo, el agua y la vegetación. (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018)

2.3. MARCO NORMATIVO

- Ley General del Ambiente (Ley N° 28611): Establece los principios y lineamientos para la gestión ambiental, incluyendo la protección de los recursos hídricos.
- NTP 214.003:1987 (revisada el 2021): Especifica los requisitos de calidad del agua, incluyendo parámetros físico-químicos y microbiológicos.
- D.S. N° 031-2010-SA: Establece los requisitos de calidad para el agua destinada al consumo humano, incluyendo límites máximos permisibles para contaminantes.
- LEY N° 30588 - Ley de Reforma Constitucional que reconoce el derecho de acceso al agua como Derecho Constitucional según el Artículo 7°-A. - El Estado reconoce el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable.
- La Ley General de la Salud (Ley N° 26842): Constituye el marco legal fundamental para la protección de la salud de la población peruana.

- Organismos reguladores (SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SANEAMIENTO):
La SUNASS es la entidad encargada de regular y supervisar los servicios de saneamiento en el Perú.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Normas de calidad ambiental del agua Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Artículo 3 - Categorías de estándares de calidad del medio ambiente del agua. Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías (Anexo 01).

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, 2024, no es apta para consumo humano.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo humano en el centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, son altos.
- Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, no se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-S.A.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El Centro Poblado de Hanajquia, lugar donde se emplaza la zona de estudio, es una localidad rural perteneciente al distrito de Azángaro. Este distrito se distingue por su variada producción agrícola y ganadera, así como por la presencia de comunidades campesinas que preservan tradiciones ancestrales. La ubicación de la zona de estudio en este contexto geográfico e histórico-cultural sin duda reviste gran importancia para comprender las dinámicas socioeconómicas y ambientales de la región.

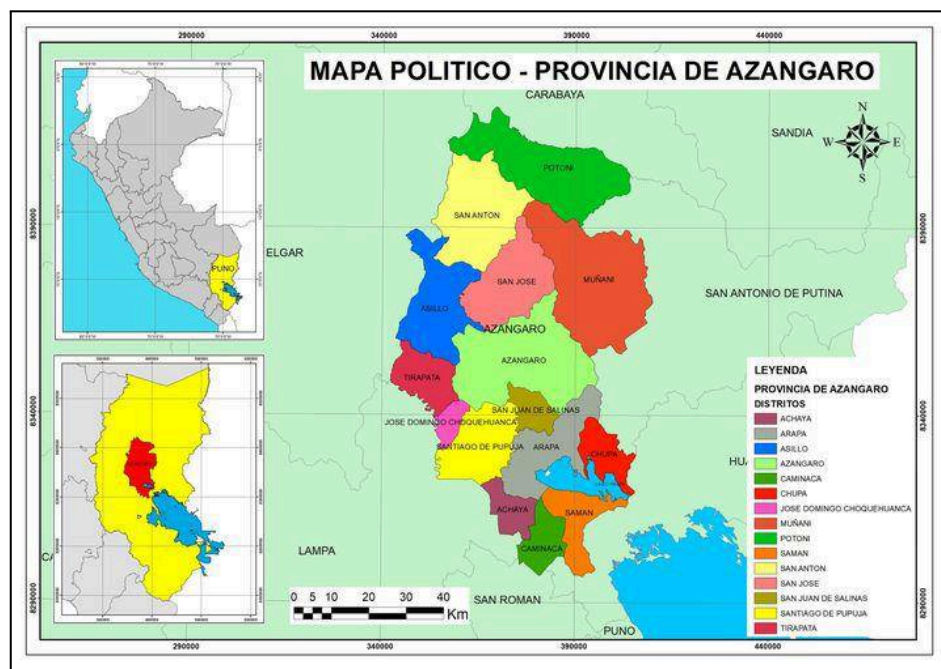


Figura 01: Ubicación del distrito de Azángaro en el departamento de Puno.

Fuente: Adaptado de <https://muniazangaro.gob.pe/nuestra-tierra/distritos-de-azangaro/>

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. Población.

El Centro Poblado de Hanajquia, cuenta con 02 manantiales, en el sector Sacacani ubicados en el centro poblado, de éstos manantiales se alimenta de agua a un reservorio desde donde se distribuye el agua al centro poblado, cabe mencionar que dicho centro poblado no cuenta con sistema de agua potable por tanto la población se abastece de éste medio, la población está constituida por el agua almacenada en el reservorio.

3.2.2. Muestra.

La muestra fué puntual y única, conformada por 1 litro de agua, el cual ha sido una muestra representativa extraída a la salida del reservorio.



Figura 02: Ubicación de la zona de Estudio.

Fuente: Google EARTH

Tabla 01: Coordenadas del punto de monitoreo.

PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS UTM	ALTITUD (msnm)
PM1	19L UTM 0413216; 8245356	3819

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Las muestras de agua fueron recolectadas siguiendo procedimientos técnicos estandarizados que garantizan la representatividad y la integridad de los datos analíticos. Para ello, se utilizaron recipientes de plástico con una capacidad de 1 litro, los cuales fueron rigurosamente enjuagados al menos tres veces con el mismo agua que se iba a analizar, a fin de eliminar cualquier residuo que pudiera interferir en los resultados. La recolección se llevó a cabo en el punto de salida del reservorio, lo que permite obtener una muestra representativa del agua que se distribuye a la población o se utiliza para consumo. Las botellas utilizadas para la toma de muestra fueron previamente esterilizadas con agua destilada, lo que asegura que no exista contaminación cruzada ni proliferación de microorganismos externos durante el proceso. Una vez recolectadas, las muestras fueron colocadas en un enfriador portátil con acumuladores de frío, manteniéndose a una temperatura aproximada de 4 °C, lo cual es fundamental para preservar sus características físico-químicas y microbiológicas hasta el momento del análisis. El traslado hacia el laboratorio se realizó en un tiempo estimado de 24 horas, en cumplimiento con las buenas prácticas de muestreo y transporte. El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio Analíticos del Sur, una entidad especializada en ensayos de calidad del agua, acreditada por la Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) bajo el registro N.º LE-050. Esta acreditación garantiza que los procedimientos analíticos aplicados cumplen con estándares técnicos

reconocidos a nivel nacional e internacional, asegurando la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos..

Tabla 02: Metodología de los parámetros físicos y químicos.

PARÁMETROS A EVALUAR	EVALUACIÓN	METODOLOGÍA
PH	Campo	Multiparametro
C.E.	Campo	Multiparametro
Temperatura	Campo	Multiparametro
STD	Laboratorio	Multiparametro
Nitratos	Laboratorio	Kjeldahl
demanda bioquímica de oxígeno	Laboratorio	prueba de cuerpo de 5 días de demanda de oxígeno
demanda química de oxígeno	Laboratorio	método químico colorimétrico de reflujo cerrado
Cloruros	Laboratorio	Titulación con Nitrato de Plata.

Se realizó un análisis exhaustivo y detallado de los resultados obtenidos, comparándolos minuciosamente con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa vigente, específicamente en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Este proceso de comparación se llevó a cabo de manera meticulosa, con el fin de determinar si los valores registrados cumplen o no con los requisitos y estándares establecidos por la autoridad competente.

3.3.2. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se utilizó un recipiente de 250 ml, de material plástico, desinfectado y con tapa hermética. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio Analíticos del Sur, que cuenta con acreditación de la Dirección de Acreditación del Inacal con el registro N° LE-050.

- Las muestras se mantuvieron frías y se guardó con mucho cuidado hasta que llegaron al laboratorio, evitando las altas temperaturas por encima de 6 °C debido a que la luz pueden hacer que los microorganismos dentro de los frascos se multipliquen, lo que podría invalidar las muestras y hacer que los resultados no reflejen la realidad.

Tabla 03: Metodología de los parámetros microbiológicos.

PARÁMETROS	EVALUACIÓN	MÉTODO
Escherichia coli.	Laboratorio	Método del sustrato cromogénico
Coliformes Totales	Laboratorio	Método de los tubos múltiples (TM)

3.3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 04: Instrumentos de recolección de datos.

MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO	UTILIZACIÓN
Multiparametro	Para la prueba de pH, C.E y T°
GPS	Georreferenciación
Botellas de plástico	Para tomar las primeras muestras
Guantes	Tomar muestras
Tablero	Tomar apuntes
Lápices	Realizar apuntes
Cinta masking	Para colocar el código de la muestra
Hojas	Para tomar apuntes
Cooler	Para trasladar las muestras

Se realizará la comparación de los resultados con la norma de acuerdo a los límites máximos permisibles según DS N° 031-2010-SA.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 05: Identificación de variables.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	VALORES
Vi.	Parámetros	-Coliformes Totales	Numéricos.
	microbiológicos	-Coliformes termotolerantes	
Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Parámetros	- pH	Numéricos.
	físicoquímicos	- CE - Temperatura - Dureza Total - Alcalinidad - Cloruros - Sulfatos - Nitratos - Calcio - Magnesio	
Vd.		- SDT	
Calidad del agua	Cumplimiento	LMP del DS-031-2010-SA	Cumple/No Cumple

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Los instrumentos y/o herramientas estadísticos utilizados en la evaluación de los resultados obtenidos son:

- Tablas de distribución de frecuencias, variables porcentuales y las correspondientes relaciones de los datos.

- Gráficos estadísticos, se presentan en forma de gráfico de barras para observar las frecuencias y su comportamiento.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. VALORES DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO DE HANAJQUIA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE AZÁNGARO - PUNO.

A continuación se expone la determinación de los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua destinada al consumo humano en el centro poblado de Hanajquia, ubicado en el distrito y provincia de Azángaro, Puno. Para ello, se recolectaron muestras representativas en distintos puntos de la zona, asegurando una adecuada cobertura geográfica y temporal que permitiera evaluar la variabilidad del agua en diferentes condiciones. Los análisis se realizaron siguiendo protocolos estandarizados y utilizando equipamientos calibrados, con el fin de garantizar la precisión y confiabilidad de los datos.

Tabla 06: Resultados de los parámetros fisicoquímicos.

Parámetros	Unidad	Valor
pH	Valor de pH	7.50
Conductividad eléctrica.	mS / cm	0.08
Temperatura	°C	16.00
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	19.00
Alcalinidad	mg/L	22.18
Cloruros (Cl ⁻)	mg Cl/L	8.51
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg SO ₄ /L	56.00
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg NO ₃ /L	0.00
Calcio (Ca ⁺⁺)	mg/L	2.28
Magnesio (Mg ⁺)	mg/L	3.21
Sólidos disueltos totales.	mg/L	0.04

De acuerdo a los resultados de la tabla 06, el análisis del agua muestra que sus características fisicoquímicas cumplen con los estándares de calidad para el consumo humano. El pH de 7.50 indica un agua neutra, sin tendencia a la acidez o alcalinidad extrema. La conductividad eléctrica de 0.08 mS/cm revela una baja presencia de sales disueltas, lo que sugiere una mineralización reducida y una posible ausencia de contaminantes. La temperatura de 16.00 °C es adecuada para aguas superficiales y no afecta significativamente su calidad. En cuanto a la dureza total, con un valor de 19.00 mg CaCO₃/L, el agua se clasifica como blanda, lo que significa que no generará incrustaciones en tuberías ni afectará la formación de espuma con jabones. La alcalinidad

de 22.18 mg/L refleja una capacidad limitada para neutralizar ácidos, lo que sugiere una baja presencia de bicarbonatos y carbonatos. La concentración de cloruros es de 8.51 mg Cl/L, muy por debajo del límite permitido, por lo que no altera el sabor del agua ni representa riesgos de salinidad. Los sulfatos presentan un valor de 56.00 mg SO₄/L, dentro del rango recomendado, lo que indica que no afectan la potabilidad del agua ni generan problemas de sabor. La ausencia de nitratos (0.00 mg NO₃/L) es un indicativo positivo, ya que no hay evidencia de contaminación por fertilizantes o desechos agrícolas. Los niveles de calcio (2.28 mg/L) y magnesio (3.21 mg/L) son bajos, lo que confirma la baja dureza del agua y su menor impacto en la formación de incrustaciones. Por último, el nivel de sólidos disueltos totales es extremadamente bajo (0.04 mg/L), lo que sugiere un agua de origen puro, con escasa carga mineral y sin signos de contaminación significativa.

Tabla 07: Resultados de los parámetros microbiológicos.

Parámetros	Unidad	Valor
Coliformes totales	NMP/100 ml	10.00
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	0.00

De acuerdo a la tabla 07, el análisis microbiológico del agua muestra la presencia de coliformes totales con un valor de 10 NMP/100 ml, mientras que los coliformes termotolerantes no están presentes (0 NMP/100 ml). La presencia de coliformes totales indica que el agua podría estar contaminada con microorganismos de origen ambiental, como bacterias provenientes del suelo, vegetación o fuentes naturales. Sin embargo, la ausencia de coliformes termotolerantes (también conocidos como coliformes fecales) sugiere que no hay contaminación reciente por materia fecal de origen humano o animal, lo cual es un indicador positivo para la calidad del agua.

4.2. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA QUE CONSUMEN LOS HABITANTES DEL CENTRO POBLADO DE HANAJQUIA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE AZÁNGARO - PUNO, CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DEL D.S. 031-2010-S.A.

Tabla 08: Resultados de los parámetros fisicoquímicos.

Parámetros	Unidad	Valor	LMP	CUMPLIMIENTO
pH	Valor de pH	7.50	6.5 - 8.5	SI
Conductividad eléctrica.	mS / cm	0.08	1500	SI
Temperatura	°C	16.00	ND	SI
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	19.00	500	SI
Alcalinidad	mg/L	22.18	ND	SI
Cloruros (Cl ⁻)	mg Cl/L	8.51	250	SI
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg SO ₄ /L	56.00	250	SI
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg NO ₃ /L	0.00	50	SI
Calcio (Ca ⁺⁺)	mg/L	2.28	ND	SI
Magnesio (Mg ⁺)	mg/L	3.21	ND	SI
Sólidos disueltos totales.	mg/L	0.04	1000	SI

De acuerdo a la tabla 08, el análisis de la calidad del agua indica que todos los parámetros evaluados cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la normativa vigente. El pH de 7.50 se encuentra dentro del rango recomendado (6.5 - 8.5), mientras que la baja conductividad eléctrica (0.08 mS/cm) y la dureza total de 19 mg CaCO₃/L clasifican el agua como blanda y de baja mineralización. Asimismo, los niveles

de cloruros (8.51 mg/L), sulfatos (56 mg/L) y nitratos (0.00 mg/L) están muy por debajo de los valores máximos permitidos, lo que indica una ausencia de contaminación química significativa. La baja concentración de sólidos disueltos totales (0.04 mg/L) sugiere que el agua es de origen puro, sin una carga mineral elevada. En conclusión, los resultados confirman que el agua analizada cumple con los estándares de calidad fisicoquímica para el consumo humano, por lo que no representa riesgos relacionados con su composición química.

Tabla 09: Resultados de los parámetros microbiológicos.

Parámetros	Unidad	Valor	LMP	CUMPLIMIENTO
Coliformes totales	NMP/100 ml	10.00	< 1.8	NO
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	0.00	< 1.8	SI

De acuerdo a las tabla 09, se aprecia la presencia de coliformes totales en niveles superiores a lo permitido puede representar un riesgo para la salud pública, ya que algunos de estos microorganismos pueden actuar como indicadores de la posible presencia de patógenos. Esto resalta la necesidad de implementar medidas correctivas como la desinfección del agua mediante cloración, filtración u otros métodos adecuados antes de su consumo. En conclusión, aunque el agua no presenta contaminación fecal directa, la detección de coliformes totales sugiere que no es completamente segura para el consumo humano sin un adecuado tratamiento, por lo que se recomienda una intervención inmediata para mejorar su calidad microbiológica y evitar posibles riesgos sanitarios.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio realizado por Albornoz en los manantiales Yuraj Puquio, Ñawin Puquio y Garua concluyó que los parámetros evaluados superaban los límites máximos permisibles,

comprometiendo la calidad del agua para consumo humano. **En contraste**, en Hanajquia, los parámetros fisicoquímicos cumplen con la normativa, pero hay contaminación microbiológica por coliformes totales. Ambos estudios coinciden en que el agua no es apta para el consumo directo, aunque en Hanajquia el problema es microbiológico y en el estudio de Albornoz es generalizado.

Los manantiales Pauco 1 y 2 presentaron contaminación microbiológica con coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*, lo que indica una contaminación fecal significativa. En Hanajquia, **si bien hay presencia de coliformes totales**, no se detectaron coliformes termotolerantes, lo que sugiere una menor contaminación fecal. Sin embargo, en ambos casos, el agua no es apta para el consumo sin tratamiento.

El análisis en Quillazu mostró que los parámetros fisicoquímicos cumplían con los estándares, pero los microbiológicos no. **Esto coincide** con los resultados de Hanajquia, donde los parámetros fisicoquímicos son adecuados, pero la presencia de coliformes totales representa un riesgo para la salud.

El estudio en Agua Blanca encontró una conductividad eléctrica más alta (514,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que la registrada en Hanajquia (0,08 mS/cm), lo que indica que el agua en Hanajquia tiene menor contenido de sales disueltas. **Sin embargo**, ambos lugares presentan contaminación microbiológica, aunque en Agua Blanca también se detectaron coliformes termotolerantes (0,7 NMP/100 ml), lo que sugiere una mayor probabilidad de contaminación fecal en comparación con Hanajquia.

León reportó una grave contaminación fecal en pozos subterráneos con niveles elevados de coliformes totales. En Hanajquia, si bien hay coliformes totales, la ausencia de coliformes termotolerantes indica que la contaminación no es de origen fecal reciente. **Esto diferencia** a ambos estudios en cuanto al posible origen de la contaminación bacteriana.

El análisis de Sarmiento reveló niveles elevados de dureza total y nitratos, lo que sugiere una contaminación química, además de contaminación fecal por coliformes termotolerantes. En Hanajquia, los parámetros químicos están dentro de los límites permisibles y no se detectaron nitratos, lo que indica que no hay contaminación química significativa. Sin embargo, ambos estudios coinciden en la contaminación microbiológica. Escobar encontró que los valores fisicoquímicos estaban dentro de los límites y que la presencia de bacterias coliformes era casi nula, lo que indica que el agua analizada era apta para el consumo. Esto contrasta con Hanajquia, donde los parámetros fisicoquímicos también cumplen con la normativa, pero la presencia de coliformes totales compromete la calidad del agua.

Los resultados del análisis en Hanajquia muestran similitudes con la mayoría de los estudios revisados en cuanto a la contaminación microbiológica. Sin embargo, el agua de Hanajquia presenta una mejor calidad fisicoquímica en comparación con otros estudios como los de Albornoz y Sarmiento, donde se encontraron contaminantes químicos. La diferencia principal con estudios como el de León y Cordova y Muñoz es la ausencia de coliformes termotolerantes, lo que sugiere que la contaminación en Hanajquia es de origen ambiental y no fecal reciente. Aun así, el agua no es segura para el consumo humano sin tratamiento adecuado.

4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.4.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.

La Hipótesis Nula:

H_0 = La calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, 2024, es apta para consumo humano.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = La calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, 2024, no es apta para consumo humano.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 08 y 09: sobre el cumplimiento del reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS 031-2010-SA en la muestra analizada, se concluye que no se cumple con los Límites Máximos Permisibles del reglamento por lo que se **rechaza la H_0** y se acepta la H_1 .

4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.

La Hipótesis Nula:

H_0 = Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo humano en el centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, son altos.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo humano en el centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, no son altos.

Por los resultados obtenidos en la Tabla 06 y 07, donde se aprecia que los valores son altos, sobrepasando los LMP aunque esto solamente se dé a nivel de los parámetros microbiológicos, es por ello que: se **rechaza la H_1** y se acepta la H_0 .

4.4.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.

La Hipótesis Nula:

H_0 = Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, no se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-S.A.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, no se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-S.A.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 08 y 09: sobre el cumplimiento del reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS 031-2010-SA en la muestra analizada, se concluye que no se cumple con los Límites Máximos Permisibles del reglamento por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 .

CONCLUSIONES

PRIMERA El agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, 2024, no es de calidad pues la concentración de los parámetros analizado en la presente investigación, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles del reglamento de la calidad del agua para consumo humano, establecidos en el D.S. 031-2010-S.A

SEGUNDA: Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo humano en el centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, tuvieron las concentraciones 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⁻) 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], la ausencia de nitratos y los bajos niveles de cloruros, sulfatos y sólidos disueltos totales sugieren que el agua no presenta contaminación por agentes químicos nocivos. Sin embargo, la presencia de coliformes totales (10 NMP/100 ml) evidencia contaminación microbiológica de origen ambiental, la ausencia de coliformes termotolerantes indica que no hay contaminación fecal reciente, lo que es un aspecto positivo en términos de salubridad.

TERCERA: Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro - Puno, fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles del D.S.

031-2010-S.A, obteniendo como resultado que para los físico químicos si se cumple con el reglamento, sin embargo para los parámetros microbiológicos no se cumple.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la Municipalidad Distrital de Azángaro y la Dirección Regional de Salud de Puno (DIRESA Puno) , Implementar y fortalecer sistemas de tratamiento adecuados para eliminar contaminantes microbiológicos, priorizando la cloración y otros métodos de desinfección, gestionar recursos y proyectos de inversión para mejorar el sistema de saneamiento básico en el centro poblado de Hanajquia.

SEGUNDA: Al Teniente Gobernador del centro poblado de Hanajquia, que en coordinación con la municipalidad distrital de Azángaro establezca un programa de monitoreo permanente de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, asegurando su cumplimiento con el D.S. 031-2010-SA, además de implementar medidas correctivas inmediatas en caso de detección de contaminación microbiológica en el agua de consumo.

TERCERA: A los pobladores de Hanajquia, desarrollar campañas de educación sanitaria dirigidas a los habitantes de Hanajquia sobre prácticas seguras de almacenamiento y consumo de agua potable y promover el uso de tecnologías domésticas de purificación, como la ebullición del agua, filtración y desinfección con cloro.

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz Hilario, L. E. (2019). *Comparación de los parámetros físicos – químicos y biológicos de los tres manantiales de Inca Jircan en el Centro Poblado de Huacarcocha, distrito de Rondos provincia de Lauricocha – Huánuco, marzo - mayo del 2019*. Universidad De Huanuco, Huanuco.
- Almazan Juarez, M. T., Carreto Perez, B. E., Hernandez Castro, E., y Damian Nava, A. (2016). Calidad y clasificación de usos del agua en la cuenca baja del río Papagayo, Guerrero, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(9), 293-305.
- Auge, M. (2007). *AGUA FUENTE DE VIDA*. Recuperado de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/AguaFuenteVida.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua, A. (2014). *DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ 2000-2012*. Recuperado de <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/212/ANA0000028.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brousett-Minaya, M., Rodríguez, A. C., Turpo, M. M., Atamari, L. A., y Laura, E. L. (2018). *Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno – Perú*. 15(47-46), 22.
- Choque, M. R., & Quispe, L. A. (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*
- Cordova Rumay, O. M., y Muñoz Terrones, M. D. L. S. (2021). *“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICO EN LOS MANANTIALES DE PAUCO 1 Y 2, CELENDÍN 2020”*. Universidad Privada Del Norte, Cajamarca.
- Corrales Ramírez, L. C., Santamaria Mosquera, Y. N., Luccioli Peña, D. A., y Castañeda Casas, M. A. (2021). Evaluación de la calidad del agua de la vereda Río Suárez

de Puente Nacional, Santander. *Nova*, 19(37), 79-98.

<https://doi.org/10.22490/24629448.5497>

Cortez Lazaro, A., Cruz Ventura, A., Hernandes Amasifuen, A., y Romero Bosseta, J. L. (2018). *Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en el río Huaura – 2018*. 17-20.

Cruz, G., y Delgado, E. (2022). *Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de consumo de la comunidad de Mollehuaca- Distrito Huanuahuanu Provincia de Caraveli- Arequipa, Febrero—Abril 2022* (PhD Thesis).

Dirección General de Salud Ambiental, D. *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. , Pub. L. No. DS N° 031-2010-SA., 45 (2010).

Escobar, M. K. yohana. (2024). *Kristel_Yohana_ESCOBAR_MOLINA*.

Gianoli, A., Hung, A., y Shiva, C. (2018). Relación entre coliformes totales y termotolerantes con factores fisicoquímicos del agua en seis playas de la bahía de Sechura-Piura 2016-2017. *INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH*, 2(3460), 10.

Guevara, O., y Zurita, I. (2021). *Evaluación de la Calidad del Agua para consumo humano del caserío La Huaca-Jaén-Cajamarca-2019* (PhD Thesis).

Huaccha Sanchez, J. S., y Villena Lozano, M. P. (2021). “*EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL MANANTIAL NE-02 PARA SU CONSUMO HUMANO DEL CASERÍO AGUA BLANCA, DISTRITO DE SOROCHUCO, CAJAMARCA - 2019.*” Universidad Privada Del Norte, Cajamarca.

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, Cerro de Pasco.

Londoño Gaitan, O. P. (2007). *CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS DEL SISTEMA PARA PRODUCIR*

AGUA DESIONIZADA TIPO II, EN UNA INDUSTRIA COSMÉTICA. Universidad Militar Nueva Granada.

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

Machacca, R. (2022). *Evaluación de la Concentración de metales pesados en los efluentes líquidos residuales en la bahía interior del Lago Titicaca de la Ciudad de Puno.*

Monte Perez, I. (2016). *Agua, pH y equilibrio químico: Entendiendo el efecto del dióxido de carbono en la acidificación de los océanos.* Oficina de Enlace de Comunicación Social de la sems.

onu. (2019). *Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás.* UN. <https://doi.org/10.18356/e96937a1-es>

Organización de las Naciones Unidas, O. (2010). *El derecho humano al agua y al saneamiento.*

Organización Mundial de la Salud (2006). *Guías para la calidad del agua potable PRIMER APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN Volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud* (Tercera, Vol. 1). Geneva: WHO Suiza: Ediciones de la OMS,.

Organización Mundial de la Salud, O. (2018). *cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating first addendum].* (Cuarta Edición). Ginebra. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

Ospina, Z. G., & Cardona, G. O. H. (2021). Evaluación de la contaminación por aluminio

- del agua para consumo humano, región central de Colombia. *Inge CuC*, 17(2), 31-41. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.2.2021.04>
- Ponce Vega, L. A. (2015). PUQUIOS, QANATS Y MANANTIALES: GESTIÓN DEL AGUA EN EL PERÚ ANTIGUO PUQUIOS, QANATS AND SPRINGS: WATER MANAGENT IN ANCIENT PERÚ. *Universidad Nacional Federico Villareal. Lima, Perú.*, 12(3), 279-296.
- Rocha, E. D. S., Aquino, R. J. H., & Cayo, C. N. G. (2022). Caracterización hidroquímica de aguas subterráneas dentro del área de cobertura del caudal Cajamarca, Bolivia. *Ingeniería*, 33(1). <https://doi.org/10.15517/ri.v33i1.50946>
- Rodriguez Garcia, R., Martinez Muñoz, C., y Hernandez Vizacino, D. (2003). CALIDAD DEL AGUA DE FUENTES DE MANANTIAL EN LA ZONA BÁSICA DE SALUD DE SIGÜENZA. *Rev Esp Salud Pública*, 77(3), 423-432.
- Sarmiento, N. M. (2023). PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DE LA ZONA PERIFÉRICA DE DESAGUADERO PUNO 2022.
- Sensores e Instrumentación Guemisa S.L. (2007). *Oxígeno Disuelto*. Madrid.
- Superintendencia Nacional De Servicios De Saneamiento, S. (2018). *La calidad del agua potable en el Perú*. Publicación oficial.
- Surita, N. (2022). *Diseño y caracterización del proceso de una planta de tratamiento de agua para consumo humano en el distrito Sondorillo, provincia Huancabamba, Departamento Piura*. 1-110.
- Tarazona, Y. (2022). Calidad del agua para consumo humano y su relación con enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en el Distrito de San Nicolás- Carlos Fermín Fitzcarrald, 2021. *Ciencia e Investigación*, 4(1), 78-79.
- UNESCO. (2022). *AGUAS SUBTERRÁNEAS Hacer visible el recurso invisible* (p. 12) [Informe Ejecutivo]. Italia: UNESCO.

ANEXOS

Anexo 01: Límites máximos permisibles del Reglamento de Calidad de Agua para consumo humano.

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. Amoniacó	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 III

 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
 PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrín	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL ⁻¹	3
24. Tricloroetano	mgL ⁻¹	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL ⁻¹	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL ⁻¹	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,3
29. 1,1- Dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
30. 1,2- Dicloroetano	mgL ⁻¹	0,05
31. Diclorometano	mgL ⁻¹	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL ⁻¹	0,6
33. Etilbenceno	mgL ⁻¹	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL ⁻¹	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL ⁻¹	0,2
36. Estireno	mgL ⁻¹	0,02
37. Tolueno	mgL ⁻¹	0,7
38. Xileno	mgL ⁻¹	0,5
39. Atrazina	mgL ⁻¹	0,002
40. Carbofurano	mgL ⁻¹	0,007
41. Clorotoluron	mgL ⁻¹	0,03
42. Cianazina	mgL ⁻¹	0,0006
43. 2,4- DB	mgL ⁻¹	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL ⁻¹	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL ⁻¹	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL ⁻¹	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL ⁻¹	0,02
48. Dicloroprop	mgL ⁻¹	0,1
49. Dimetato	mgL ⁻¹	0,006
50. Fenoprop	mgL ⁻¹	0,009
51. Isoproturon	mgL ⁻¹	0,009
52. MCPA	mgL ⁻¹	0,002
53. Mecoprop	mgL ⁻¹	0,01
54. Metolacloro	mgL ⁻¹	0,01
55. Molinato	mgL ⁻¹	0,006
56. Pendimetalina	mgL ⁻¹	0,02
57. Simazina	mgL ⁻¹	0,002
58. 2,4,5- T	mgL ⁻¹	0,009
59. Terbutilazina	mgL ⁻¹	0,007
60. Trifluralina	mgL ⁻¹	0,02
61. Cloropirifos	mgL ⁻¹	0,03
62. Piriproxifeno	mgL ⁻¹	0,3
63. Microcistin-LR	mgL ⁻¹	0,001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65. Bromodichlorometano	mgL ⁻¹	0,06
66. Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehido)	mgL ⁻¹	0,01
68. Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹ mgL ⁻¹	0,07 0,07
70. Dibromoacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,05
72. Dicloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
73. Dicloroacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,9
74. Formaldehído	mgL ⁻¹	0,02
75. Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
76. Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodichlorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{LMP_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{LMP_{\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodichlorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{LMP_{\text{cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{LMP_{\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Anexo 02: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros físico químicos.



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA

PROCEDENCIA : C.C. SACACANI DISTRITO AZANGARO PROVINCIA AZANGARO – PUNO.
INTERESADO : HELDER YAVE ALVAREZ JUAREZ
MOTIVO : ANALISIS FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLOGIA
FECHA DE MUESTREO : 05/12/2024 (por el interesado)
FECHA DE ANALISIS : 05/12/2024
FECHA DE ENTREGA : 23/12/2024

CARACTERISTICAS FISICOS:

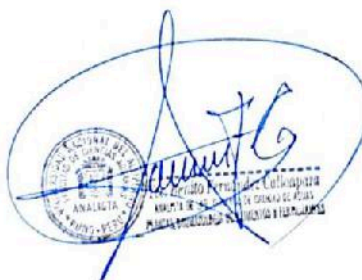
pH		7.50
C.E	mS/cm	0.08
Temperatura (°C)	°C	16.00

CARACTERISTICAS QUIMICOS:

PARAMETROS	UNIDAD	M - 1
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	19.00
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	22.18
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	8.51
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	56.00
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.00
Calcio (como Ca ²⁺)	mg/l	2.28
Magnesio (como Mg ²⁺)	mg/l	3.21
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.04

INTERPRETACION:

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



Anexo 03: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros físico químicos.



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

INFORME DE ENSAYO 0760/MQA

ANÁLISIS DE AGUA

PROCEDENCIA : C.C. SACACANI DISTRITO AZANGARO, PROVINCIA AZANGARO
- PUNO.
SOLICITANTE : HELDER YAVE ALVAREZ JUAREZ.
MOTIVO : ANALISIS MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 05/12/2024 (por el interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 05/12/2024.
FECHA DE ENTREGA : 23/12/2024.
LABORATORIO : Aguas y Suelos - MQA

RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	10.00
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	0.00

INTERPRETACION:

La muestra fue recepcionado en el laboratorio y es en es en iones liquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS
DE LOS ANDES S.A.C



Lorgio Palacios Frisancho
BIOLOGO

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

Escaneado con CamScanner

Anexo 04: Matriz de consistencia de la investigación.

Título del Proyecto: CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO DE HANAJUIA DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE AZÁNGARO - PUNO, 2024

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OBJETIVO GENERAL				
¿Cuál es la calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajui del distrito y provincia de Azángaro - Puno, 2024?	La calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajui del distrito y provincia de Azángaro - Puno, 2024, no es apta para consumo humano.	Evaluar la calidad del agua potable que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajui del distrito y provincia de Azángaro - Puno, 2024.	Vi. Parámetros físicoquímicos y microbiológicos	Parámetros microbiológicos Parámetros físicoquímicos	-Coliformes totales -Coliformes termotolerantes -pH -Conductividad eléctrica. -Temperatura -Dureza total -Alcalinidad -Cloruros (Cl-) -Sulfatos (SO ⁴ -) -Nitratos (NO ³ -) -Calcio (Ca ⁺⁺) -Magnesio (Mg ⁺) -Sólidos disueltos totales.	-El tipo de estudio: no experimental Diseño de investigación: descriptivo.
PROBLEMAS ESPECÍFICAS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS				
¿Cuáles serán los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo humano en el centro poblado de Hanajui del distrito y provincia de Azángaro - Puno?	Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo humano en el centro poblado de Hanajui del distrito y provincia de Azángaro - Puno, son altos.	Determinar los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo humano en el centro poblado de Hanajui del distrito y provincia de Azángaro - Puno.	Vd. Calidad del agua potable	Calidad		
¿Estarán los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajui del distrito y provincia de Azángaro - Puno, dentro de los Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-S.A.?	Los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajui del distrito y provincia de Azángaro - Puno, no se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-S.A.	Comparar los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua que consumen los habitantes del centro poblado de Hanajui del distrito y provincia de Azángaro - Puno, con los Límites Máximos Permisibles del D.S. 031-2010-S.A.			LMP del DS-031-2010-SA	

Anexo 05: Galería fotográfica.



Fotografía 01. Vista panorámica de la zona de estudio.



Fotografía 02. Vista del reservorio.



Fotografía 03. Ingresando al reservorio.



Fotografía 04. Preparando los frascos para la toma de muestras



Fotografía 05. Recogiendo la muestra en el frasco correspondiente.



Fotografía 06. Envasando la muestra.



Fotografía 07. Preparando el almacenamiento de la muestra.



Fotografía 08. Muestra envasada para el análisis bacteriológico.