

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE
HUACOCULLO DISTRITO DE PICHACANI, PUNO -2025**

PRESENTADA POR:

JHONSON DARWIN AGUILAR MACHACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



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



7.82%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 2 JUL 2026, 5:32 PM

Originality & Authorship Report

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

IDENTICAL
1.04%

CHANGED TEXT
6.77%

Report #34017091

JHONSON DARWIN AGUILAR MACHACA // CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES D
EL CENTRO POBLADO DE HUACOCULLO DISTRITO DE PICHACANI, PUNO -2025 RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en los manantiales Tolamarca y Soquesani, situados en el Centro Poblado de Huacochullo, Puno (2025), de acuerdo con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA. La metodología consistió en la recolección de muestras bajo protocolos oficiales y su posterior análisis en un laboratorio acreditado, abarcando dimensiones físico-químicas, organolépticas y microbiológicas. Los resultados demuestran que la calidad del agua es óptima en ambas fuentes, cumpliendo satisfactoriamente con todos los parámetros evaluados; específicamente, se registraron niveles adecuados de pH y turbidez, junto con una ausencia total (0.00 UFC/100 mL) de Coliformes Totales y Termotolerantes. En conclusión, el agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani es plenamente apta para el consumo humano, al garantizar la inocuidad microbiológica y el equilibrio químico exigido por la normativa peruana, constituyéndose como fuentes seguras para la población de Huacochullo. Palabras clave: Agua, calidad, físicoquímicos, manantial, microbiológicos, seguridad. ABSTRACT The objective of this study was to evaluate the quality of water intended for human consumption in the Tolamarca and Soquesani springs, located in the Huacochullo populated center, Puno (2025), in accordance with the Maximum Permissible Limits

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

**CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE
HUACOCCHULLO DISTRITO DE PICHACANI, PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

JHONSON DARWIN AGUILAR MACHACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dra. CELIA VERENISSEE ORTIZ DE ORUE ROJAS

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 13 de julio de 2026

DEDICATORIA

.A Dios, por ser mi guía en cada paso, por darme fortaleza cuando sentí que ya no podía más y por iluminar mi camino con su amor infinito. Sin él, este logro no habría sido posible.

A mi amada esposa,, por su apoyo incondicional, su paciencia en los momentos más difíciles y su compañía llena de amor. Gracias por creer en mí incluso cuando dudaba, por sostenerme en mis noches de cansancio y por ser mi mayor motivación para seguir adelante. Tu amor ha sido mi fuerza.

A mis hermanos, por su cariño, su comprensión y cada gesto de apoyo que me impulsó a continuar. Gracias por estar presentes en este camino y por ser parte importante de mi vida.

Dedico este trabajo con todo mi corazón a ustedes, quienes han sido mi sostén, mi inspiración y mi motivo para no rendirme. Este logro es tan suyo como mío.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos por brindarme los recursos, el espacio académico y las oportunidades necesarias para desarrollar el presente proyecto. Su apoyo institucional ha sido fundamental en mi formación profesional.

Extiendo mi gratitud a los docentes de la Facultad de Ingenierías, por sus aportes, sugerencias y enseñanzas, las cuales permitieron fortalecer los fundamentos teóricos y prácticos de esta investigación.

Agradezco profundamente a mi asesor de tesis, por su valiosa orientación, dedicación y constante acompañamiento académico. Sus consejos, rigor metodológico y compromiso han enriquecido de manera significativa el desarrollo de este trabajo.

Mi especial agradecimiento a los miembros del jurado, quienes dedicaron su tiempo y experiencia a la revisión detallada de la presente investigación. Sus observaciones, sugerencias y aportes académicos fueron esenciales para fortalecer la calidad final del estudio.

Finalmente, agradezco a todas las personas e instituciones que brindaron las facilidades necesarias para la realización de esta investigación, ya sea mediante apoyo logístico, acceso a información, participación directa o acompañamiento durante todo el proceso.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.2. ANTECEDENTES	16
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	16
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	18
1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	22
2.1.1. MANANTIALES	22

2.1.2. CALIDAD DE AGUA	22
2.1.3. AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO	23
2.1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	23
2.1.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA POTABLE	29
2.2. MARCO CONCEPTUAL	29
2.3. MARCO NORMATIVO	32
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	32
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	32
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	32

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO	33
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	34
3.2.1. MUESTRA	34
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	35
3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA	36
3.3.2. MÉTODOS DE LABORATORIO	37
3.3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO	37
3.3.4. MATERIALES	39
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	40

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE HUACOCULLO DISTRITO DE PICHACANI,PUNO - 2025.	41
4.1.1. CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS MANANTIALES TOLAMARCA Y SOQUESANI RESPECTO A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)	41

4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE HUACOCULLO DISTRITO DE PICHACANI,PUNO - 2025.	48
4.2.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLOR	48
4.2.2. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO TURBIEDAD	50
4.2.3. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	51
4.2.4. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO PH	53
4.2.5. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CLORUROS	54
4.2.6. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SULFATOS	56
4.2.7. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DUREZA TOTAL	58
4.2.8. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	59
4.3. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE HUACOCULLO DISTRITO DE PICHACANI,PUNO - 2025, EN RELACIÓN A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)	61
4.3.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TOTALES	61
4.3.2. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES	63
4.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS	65
4.4.1. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS GENERAL	65
4.4.2. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	65
4.4.3. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	66
4.4.4. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	66
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Límites Máximos Permisibles(LMP)	29
Tabla 02: Coordenadas para las muestras de agua	35
Tabla 03: Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua potable	38
Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación	40
Tabla 05: Concentración de los parámetros fisicoquímicos por repetición y media de los manantiales Tolamarca y Soquesani.	42
Tabla 06: Concentración de los parámetros microbiológicos por repetición y media de los Manantiales Tolamarca y Soquesani.	44
Tabla 07: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Tolamarca Platja con los LMP D.S N°031- 2010.	45
Tabla 08: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Soquesani con los LMP D.S N°031- 2010.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Localización de la zona objeto de análisis	34
Figura 02: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.	35
Figura 03: Valor del color del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo	49
Figura 04: Valor de la turbiedad del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo	51
Figura 05: Valor de conductividad del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo	52
Figura 06: Valor del pH del agua de los Manantiales del centro poblado de Huacochullo	54
Figura 07: Valor de Cloruros del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo	55
Figura 08: Concentración de sulfatos del centro poblado de Huacochullo	57
Figura 09: Valor medio de la Dureza Total del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo	58
Figura 10: Valor medio de sólidos totales disueltos del agua de los manantiales de la del centro poblado de Huacochullo	60
Figura 11: Concentración de coliformes totales en manantiales del centro poblado de Huacochullo	62
Figura 12: Concentración de coliformes termotolerantes del centro poblado de Huacochullo.	64
Figura 13: Toma de muestras del punto de captación del manantial de Huacochullo.	91
Figura 14: Toma de la última muestra de los manantiales de Huacochullo.	92
Figura 15: Toma de muestras del punto de captación manantial de Huacochullo	92
Figura 16: Conservación de las muestras tomadas del manantial de Huacochullo.	93
Figura 17: Conservación de las muestras tomadas del manantial de Huacochullo.	93

- Figura 18:** Muestras tomadas para el análisis de los parámetros microbiológicos al laboratorio. 94
- Figura 19:** Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del centro poblado de Huacochullo 95

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia: MATRIZ DE CONSISTENCIA: CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE HUACOCULLO DISTRITO DE PICHACANI,PUNO - 2025	76
Anexo 02: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. N°031-2010-SA.	77
Anexo 03: Manual ASTM D 4448:2001MJ	89
Anexo 04: Panel fotográfico	91
Anexo 05: Resultado de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos del centro poblado de Huacochullo	95

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en los manantiales Tolamarca y Soquesani, situados en el Centro Poblado de Huacochullo, Puno (2025), de acuerdo con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA. La metodología consistió en la recolección de muestras bajo protocolos oficiales y su posterior análisis en un laboratorio acreditado, abarcando dimensiones físico-químicas, organolépticas y microbiológicas. Los resultados demuestran que la calidad del agua es óptima en ambas fuentes, cumpliendo satisfactoriamente con todos los parámetros evaluados; específicamente, se registraron niveles adecuados de pH y turbidez, junto con una ausencia total (0.00 UFC/100 mL) de Coliformes Totales y Termotolerantes. En conclusión, el agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani es plenamente apta para el consumo humano, al garantizar la inocuidad microbiológica y el equilibrio químico exigido por la normativa peruana, constituyéndose como fuentes seguras para la población de Huacochullo.

Palabras clave: Agua, Calidad, Físico químicos, Manantial, Microbiológicos.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the quality of water intended for human consumption in the Tolamarca and Soquesani springs, located in the Huacochullo populated center, Puno (2025), in accordance with the Maximum Permissible Limits (MPL) established in D.S. N° 031-2010-SA. The methodology involved the collection of water samples following official protocols and their subsequent analysis in an accredited laboratory, covering physical-chemical, organoleptic, and microbiological dimensions. The results demonstrate that the water quality is optimal in both sources, satisfactorily complying with all evaluated parameters; specifically, adequate pH and turbidity levels were recorded, along with a total absence (0.00 CFU/100 mL) of Total and Thermotolerant Coliforms. In conclusion, the water from the Tolamarca and Soquesani springs is fully fit for human consumption, as it guarantees the microbiological safety and chemical balance required by Peruvian regulations, constituting safe sources for the population of Huacochullo.

Keywords: Water, Quality, Physical-chemical, Spring, Microbiological.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo de las comunidades, pues garantiza la salud, la producción agrícola y el bienestar social. En las zonas rurales altoandinas, como el centro poblado de Huacochullo, distrito de Pichacani, región Puno, los manantiales constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo humano y actividades domésticas. Sin embargo, la calidad de este recurso suele verse afectada por factores naturales y antrópicos, tales como la presencia de minerales propios de la geología local, el uso de agroquímicos en la agricultura, el pastoreo intensivo y la falta de sistemas adecuados de saneamiento.

La evaluación de la calidad del agua de los manantiales en Huacochullo resulta fundamental para determinar su aptitud para el consumo y establecer medidas de protección y gestión sostenible. Además, permite identificar riesgos potenciales para la salud de la población y orientar políticas locales de conservación de fuentes hídricas.

Este estudio busca analizar las características físico-químicas y microbiológicas del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo, con el propósito de conocer su estado actual y generar información científica que contribuya a la toma de decisiones en materia de salud pública y gestión ambiental. De esta manera, se pretende aportar al desarrollo sostenible de la comunidad y garantizar el acceso a un recurso vital en condiciones seguras y saludables.

El estudio sobre la calidad del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo, Puno, se estructura en cuatro capítulos estrechamente articulados con el objetivo central de la investigación.

Capítulo I: Se plantea el problema de investigación, sustentado en información contextual y científica sobre la realidad hídrica de Pichacani. Asimismo, se revisan antecedentes internacionales, nacionales y regionales, lo que permite definir con precisión los objetivos del trabajo enfocados en las fuentes Tolamarca y Soquesani.

Capítulo II: Se desarrolla el marco teórico y conceptual, incorporando definiciones clave vinculadas a la calidad del agua y la normativa nacional vigente (D.S. N° 031-2010-SA).

Este capítulo culmina con la formulación de las hipótesis de estudio sobre la aptitud del recurso.

Capítulo III: Se describe la metodología aplicada, detallando el enfoque cuantitativo, la zona de estudio en Huacochullo, los protocolos de muestreo y los procedimientos técnicos empleados para garantizar la validez de los análisis de laboratorio.

Capítulo IV: Se presentan los resultados obtenidos de los manantiales Tolamarca y Soquesani, realizando un análisis e interpretación exhaustiva de los parámetros organolépticos, químicos y microbiológicos en relación con los objetivos planteados.

Finalmente, el estudio concluye con un conjunto de conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis, orientadas a fortalecer las acciones de vigilancia preventiva y asegurar la sostenibilidad de la excelente calidad del agua destinada al consumo humano en el centro poblado de Huacochullo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, hay comunidades que ingieren agua que no es apta para el consumo, lo que causa diversas enfermedades en la población, siendo los más perjudicados los infantes debido a enfermedades diarreicas y parasitarias, las cuales a su vez pueden llevar a otras condiciones de salud y a gastos económicos para las familias. El acceso a agua potable ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas. (Chaca y Ñañez, 2022)

En la región de América Latina y el Caribe, solo el 57 por ciento de la población que vive en áreas rurales tiene acceso a un suministro de agua potable de calidad para beber y para actividades diarias como la higiene personal. Asimismo, diversas investigaciones han demostrado que las enfermedades relacionadas con el agua, como la gastroenteritis, la fiebre tifoidea, la hepatitis A y el cólera, son algunas de las principales causas de mortalidad en los países latinoamericanos. Existe una conexión directa entre las tasas de mortalidad infantil y la calidad del agua potable, dado que los niños son particularmente vulnerables a las enfermedades (Plessis, 2022)

En Perú, numerosas comunidades dependen de sistemas de suministro de agua que no reciben el tratamiento adecuado. Como resultado, la salud de la población se ve comprometida, lo que provoca la aparición de enfermedades parasitarias y diarreicas agudas. Esto, a su vez, contribuye a que los niños sufran de desnutrición y anemia. Es innegable que el agua apta para el consumo humano facilita la realización de tareas domésticas y el aseo personal, y que esta se reparte tras su recolección a través de una

16 red de distribución, cumpliendo con los estándares fijados por el D.S N.º 031 – 2010-SA para mediciones fisicoquímicas y microbiológicas, así como con la opinión de la comunidad (Nogueira, 2025).

Como resultado, fue imperativo llevar a cabo la investigación que vincula la calidad del agua con las opiniones de los beneficiarios o usuarios, con el fin de comprender la situación actual. Es fundamental tener en cuenta que el agua que se proporciona puede ser un vehículo de transmisión de enfermedades relacionadas con la diarrea y la anemia. En la zona de Puno, la comunidad requiere entender la seguridad del agua que se proporciona, considerando que es esencial para la supervivencia de las personas y debe cumplir con estándares físicos, químicos y microbiológicos para ser considerada saludable. Las decisiones basadas en una visión social ayudarán a implementar acciones correctivas en la gestión ambiental del agua de suministro, lo que se traduce en ventajas económicas al evitar gastar recursos en la recuperación de la salud. (Custodio, 2020).

Por otra parte, se incentivarán ventajas para el entorno al educar a las personas sobre la protección del medio ambiente mediante la implementación de programas de gestión ecológica, las industrias utilizando técnicas para administrar el agua mediante tratamientos químicos y desde la perspectiva de la salud pública, comprender los niveles de calidad ambiental que permiten disminuir enfermedades propagadas por microorganismos, fomentando así prácticas saludables (OECD, 2021).

Y dado que el tema central de nuestra indagación, no existen informes precisos sobre la calidad del agua potable que reciben los habitantes del sector Barco en el Distrito de Chucuito, por lo que es fundamental recopilar esta información para establecer la calidad del agua y comunicar a las autoridades pertinentes los hallazgos de esta investigación, lo que les facilitará implementar las medidas necesarias para la adecuada conservación y/o tratamiento del agua destinada al consumo humano (Jimenez, 2025).

En el centro poblado de Huacochullo, ubicado en el distrito de Pichacani, región Puno, el abastecimiento de agua para consumo humano proviene de manantiales locales, los cuales constituyen la principal fuente hídrica para la población. No obstante, los sistemas

de captación y distribución presentan deficiencias asociadas a la falta de mantenimiento, supervisión técnica y gestión adecuada, lo que incrementa el riesgo de contaminación del recurso hídrico. Asimismo, se evidencia la ausencia de un programa sistemático de monitoreo, inspección y control de la calidad del agua, que permita verificar el cumplimiento de los estándares sanitarios vigentes. En este contexto, resulta imprescindible evaluar la calidad de agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo, considerando los parámetros organolépticos, químicos y microbiológicos, con el objetivo de proteger la salud de la población y generar información técnica que contribuya a la implementación de un sistema de abastecimiento de agua segura y apta para el consumo humano durante el año 2025.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la calidad del agua de manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025 de acuerdo a los límites máximos permisibles?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?
- ¿Qué parámetros químicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?
- ¿Qué parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Mengstie (2023), en el estudio titulado: Evaluación de la calidad del agua destinada al consumo humano en el sector banco fomento, ciudad de Milagro-Guayas. Su propósito es: Identificar cómo percibe la comunidad la calidad del agua que reciben. Metodología:

Se aplicaron los estándares de calidad establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A y se llevó a cabo una encuesta analítica. Los datos recopilados de las encuestas evidencian que los habitantes de la zona tienen insatisfacción respecto a la calidad del agua, se llevó a cabo una evaluación de la calidad del agua, donde el color mostró un registro de 3 NTU en las dos muestras, lo que se considera aceptable. En cambio, en cuanto al parámetro del potencial de Hidrógeno se encontró un rango de 7.82 pH en la muestra 1359-23[A] y un registro de 6.41 pH en la muestra 1360[B]. Además, el parámetro de arsénico también cumple con los criterios adecuados al estar las dos muestras en un rango de lectura <0.0020 mgO₂.

Ticona (2023), en la investigación titulada: Contribuciones para el seguimiento participativo de la calidad del agua del río Tacuarembó en el noreste de Uruguay. Tuvo como meta: Proporcionar recursos para el seguimiento participativo de las masas de agua del noreste uruguayo. Metodología: Aproximación Geográfica (PAEG) que une elementos subjetivos y objetivos (análisis técnico y estadístico). Resultados: Se proporcionó capacitación a los participantes para realizar la recolección de muestras y mediciones in situ de parámetros como pH (8.73), temperatura (23.1 °C), conductividad 18 (9.45 μ S/cm) y sólidos disueltos totales (6.05 ppm). Estos valores se relacionan con la calidad del agua, siendo el pH un indicador que, si no se encuentra dentro de los límites esperados, puede perjudicar el ecosistema del cuerpo de agua. Además, tanto la conductividad como los sólidos disueltos totales sirven como un indicativo de las sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el agua; sus valores alterados sugieren un posible ingreso de contaminantes en la región.

Thomson (2025), en su estudio titulado: Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano en las zonas urbana, periurbana y rural del distrito de Chontabamba - Oxapampa y sus efectos en la salud de la población. Su objetivo fue: Analizar la calidad del servicio público de suministro de agua potable (acueducto). Metodología: El análisis contempló tanto la ubicación geográfica de los residentes como el tipo de proveedor del servicio, con el propósito de resaltar las similitudes y diferencias que surgen en cada

situación. Resultados: Se logró determinar que el nivel de contenido de la comunidad, según el tipo de operador (Municipalidad o ASADA), reveló que el 68% de las personas que usan el servicio municipal dieron una calificación de "muy bueno" o "bueno". En contraste, el porcentaje fue del 92% para quienes utilizan el sistema administrado por ASADA. Solo un 1% de los usuarios de ASADA consideraron el servicio como "malo" o "muy malo".

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Espinoza (2024), en el estudio titulado: Evaluación de la calidad de agua potable del manantial de Paccha, Provincia de Huari, 2022. El propósito fue: Analizar la calidad del agua destinada al consumo humano proveniente del manantial de Paccha en la provincia de Huari. Metodología: Este estudio cuenta con un enfoque no experimental. Resultados: Los indicadores químicos, tanto de origen inorgánico como orgánico, se mantienen dentro de los rangos aceptables, tanto en las temporadas de precipitaciones como en los períodos secos; de esta manera, la DQO, DBO, nitritos y nitratos, metales totales, A y G, así como el OD se presentan por debajo de los límites fijados por la normativa peruana, salvo el cloro libre, que se encuentra por debajo del nivel permitido. Asimismo, los 19 parámetros microbiológicos y parasitológicos no suponen un peligro para el consumo humano, dado que los organismos de vida libre y las bacterias coliformes termotolerantes no representan un riesgo..

Carlos (2020), en una investigación llamada: Calidad del agua para el consumo humano y la perspectiva de los habitantes locales de la microcuenca de Palccaro, que se encuentra en el distrito de Tambobamba, en la región de Apurímac, se estableció como meta: Analizar la calidad del agua que se usa para el consumo humano y cómo ve la comunidad local la calidad de esa agua en la microcuenca de Palccaro, en el distrito de Tambobamba. Metodología: Se aplicó un enfoque inductivo, dado que la lógica utilizada fue pasar de lo específico a lo general, ya que al inicio del análisis, se descompusieron las variables en partes. Resultados: Indican que la percepción sobre la calidad del agua está en un estado regular y que la calidad de esta agua es deficiente. La calidad del agua

que fluye en la microcuenca de Palccaro es insatisfactoria, y la percepción de la comunidad sobre la calidad del agua en dicha microcuenca es considerada regular, ya que un 51.92% de la población así lo expresa.

Mariño (2024), en su estudio titulado: Calidad del agua de suministro y nivel de satisfacción de la población en el distrito de Santa Rosa Jaén. Tuvo como finalidad: Evaluar el nivel de satisfacción de la población respecto a la calidad del agua proporcionada por el sistema de abastecimiento en el distrito de Santa Rosa Jaén. Metodología: utilizando un enfoque de investigación cuantitativa; se aplicó una encuesta y un cuestionario como instrumentos, además de realizar observaciones directas y análisis en laboratorio. Resultados: El grado de satisfacción de la población en la escala de LIKERT se situó entre medio y regular, además el 47.73% de los 44 usuarios registrados en la JASS no logran definir su estado de satisfacción (ni se consideran satisfechos ni insatisfechos), encontrando a través del Rho de Spearman que no existe una relación significativa entre las dos variables examinadas.

1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL

Waldir (2024), en la investigación titulada: Evaluación de la calidad del agua apta para el consumo humano en áreas urbanas, periurbanas y rurales dentro del distrito de 20 Chontabamba - Oxapampa y su impacto en la salud de los habitantes. Se estableció como objetivo: Identificar y evaluar el agua destinada al consumo humano que se proporciona en las comunidades de la zona urbana, periurbana y rural del distrito de Chontabamba - Oxapampa. Metodología: La investigación se clasifica como básica o descriptiva, empleando un diseño no experimental, descriptivo correlacional. Resultados: La cuantificación de Escherichia Coli NMP/100mL mostró un resultado de 1.1 NMP/100mL en el punto RM-01 y 16 NMP/100mL en el punto RDM01, superando así los estándares permitidos, dado que se permite un máximo de 0 NMP/100mL. Este aspecto es crucial para evaluar si el agua consumida por esta población es segura, y de acuerdo a estos hallazgos, no lo es.

Antezana (2024), en su investigación titulada: Evaluación de calidad de agua para consumo humano en el manantial estanque del sector Patawasi, Checacupe-Canchis-Cusco. El objetivo fue: Analizar la calidad del agua destinada al consumo humano en el manantial Estange del área de Patawasi en el distrito de Checacupe, Cusco. Metodología: Este análisis es una investigación fundamental, observacional y de categoría II, que utiliza un método hipotético-deductivo. Tiene una estructura descriptiva, es prospectivo y sigue una metodología cuantitativa. Resultados: En relación al parámetro microbiológico; los coliformes totales no satisfacen las normas 21 de calidad del agua; por otro lado, el coliforme termotolerante sí cumple con las normativas de calidad para el agua Estange 1 y Estange 2. Los parámetros inorgánicos cumplieron satisfactoriamente con los estándares de calidad del agua en las fuentes, referidas como Estange 1 y Estange 2, de acuerdo con el decreto supremo N.º 0004-2017-MINAM y el decreto supremo N.º 0031-2010-SA

Arteaga (2024), , en su estudio titulado: Comparación de la Calidad del Agua Potable en dos Comunidades de la Caleta de Carquín. Se propuso: Examinar la calidad del agua destinada al consumo en las comunidades El Progreso y 1 de Mayo en el distrito de Caleta de Carquín. Metodología: El estudio fue de carácter práctico, con un enfoque descriptivo y de comparación, con un enfoque numérico y un diseño experimental; la muestra consistió en un litro de agua de cada comunidad; se utilizó la técnica de recolocación y recolección de muestras. Resultados: En las dos comunidades analizadas se cumplen con los límites máximos permisibles para los parámetros organolépticos, químicos y microbiológicos indicados en el D.S N° 031-2010-SA, excepto por la cantidad de sólidos totales disueltos que excede notablemente lo aceptable.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de pichacani, Puno - 2025, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN°031-2010-SA.
- Determinar la concentración de los parámetros químicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de pichacani, Puno - 2025, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN °031-2010-SA.
- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de pichacani, Puno - 2025, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN°031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. MANANTIALES

Es el componente más prevalente en el planeta y es extremadamente crucial para todos los organismos vivos. Los océanos, mares, ríos, lagos, arroyos y otros cuerpos de agua abarcan dos tercios de la Tierra, equivalentes al 70%. Por supuesto, de la totalidad del agua existente en la naturaleza, la mayor parte es salada y solamente un porcentaje muy bajo (1%) es apta para el consumo humano. La mayor parte del agua que los humanos pueden utilizar se halla en ríos, lagos y lechos acuáticos claros, aunque lamentablemente, el agua potable es escasa y las demandas de cada individuo continúan creciendo. Con mayor relevancia, existe vegetación en la tierra ya que las plantas desempeñan funciones cruciales como absorber agua y recibirla, y luego generar vapor. Muchos países cuentan con directrices establecidas por organismos de salud pública que señalan indicadores de calidad o parámetros esenciales para el bienestar, y se sugiere seguir estas pautas para garantizar el cumplimiento. Los microorganismos que reflejan la calidad del agua se incluyeron en estos criterios, siendo los más comunes, coliformes fecales y coliformes (Flores, 2025).

2.1.2. CALIDAD DE AGUA

Uno de los principales causantes de la contaminación del agua son los excrementos de animales, acciones humanas y prácticas agrícolas, lo que genera varias enfermedades que afectan la salud pública. Es fundamental implementar medidas de prevención y

mantener la higiene para proteger la salud de la población como consumidores directos, 25 algunas actividades clave que contribuyen a la contaminación son (Grisel, 2024).

2.1.3. AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO

El agua para consumo humano trasciende su función básica de hidratación y preparación de alimentos; constituye el eje transversal de la salubridad doméstica y la prevención de enfermedades. Según los estamentos de la Organización Mundial de la Salud (2022), la inocuidad de este recurso es innegociable: debe estar exento de cargas microbianas, agentes químicos o radiológicos que comprometan la vida. Si bien las Naciones Unidas han consagrado su acceso como un derecho fundamental para el desarrollo socioeconómico, la vulnerabilidad de las fuentes naturales es una realidad latente. Manantiales, ríos y reservorios enfrentan hoy una presión constante derivada de factores antropogénicos, donde la agricultura intensiva, la minería y el vertimiento de aguas residuales no tratadas degradan la calidad del recurso antes de llegar al usuario final (Gutierrez, 2024).

2.1.4. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

fisicoquímicas y microbiológicas, representa la herramienta diagnóstica fundamental para dictaminar su potabilidad. Estos indicadores no solo reflejan la firma hidrogeoquímica natural del agua, sino que funcionan como trazadores de impactos antropogénicos. Mientras que las propiedades físicas como la turbidez o el color ofrecen una evaluación sensorial inmediata de la carga de partículas en suspensión, los parámetros químicos tales como el pH, la conductividad y la presencia de iones (cloruros, sulfatos y nitratos) cuantifican la mineralización y la estabilidad del sistema. Así, una conductividad elevada se traduce en una mayor salinidad disuelta, mientras que la turbidez actúa como un factor crítico que puede interferir con los procesos de desinfección y albergar microorganismos patógenos (Gutierrez, 2024).

2.1.4.1 Parámetros Físicos

a. Color

Las propiedades cromáticas del agua se derivan de la interacción entre solutos disueltos y partículas coloidales que alteran su transparencia original. Este fenómeno responde tanto a procesos biogeoquímicos naturales —como la lixiviación de ácidos húmicos y fúlvicos procedentes de la materia orgánica o la oxidación de minerales metálicos— como a presiones antropogénicas derivadas de efluentes industriales y escorrentía agrícola. La gradación tonal, que puede oscilar entre matices amarillentos, pardos o rojizos, funciona como una alerta sensorial inmediata sobre la composición química y la integridad ecológica del cuerpo hídrico. En consecuencia, la determinación del color es un criterio de control crítico, ya que niveles elevados no solo afectan la aceptabilidad estética del consumidor, sino que pueden interferir con la eficacia de los procesos de desinfección (Pimentel, 2024).

b. Turbidez

La turbidez representa la propiedad óptica del agua que cuantifica la dispersión de la luz debido a la presencia de material coloidal y partículas en suspensión. Este indicador es sensible tanto a procesos geodinámicos naturales —como el arrastre de sedimentos por erosión— como a impactos de origen antropogénico. Expresada habitualmente en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), este parámetro es crítico para la seguridad hídrica; niveles que excedan las 5 NTU, según los estándares de la OMS, no solo comprometen la aceptabilidad estética del recurso, sino que actúan como un escudo protector para patógenos frente a agentes desinfectantes como el cloro. Por consiguiente, mantener una turbidez baja es una condición técnica indispensable para asegurar la inocuidad microbiológica y la eficiencia de los sistemas de tratamiento de agua (Flores, 2024).

c. Conductividad

La conductividad eléctrica se define como la capacidad del medio acuoso para transportar cargas eléctricas, una propiedad intrínseca vinculada directamente a la concentración de

electrolitos o iones disueltos (cationes y aniones). Este parámetro funciona como un termómetro de la mineralización total, permitiendo estimar de manera indirecta la carga de sustancias inorgánicas presentes en el sistema. Es importante precisar que, si bien la conductividad es un trazador hidroquímico excepcional para monitorear cambios en la salinidad o intrusiones de contaminantes inorgánicos, no es sensible a la presencia de compuestos orgánicos no iónicos ni a microorganismos patógenos. Por tanto, su estudio es fundamental para establecer la firma química de la fuente de agua y detectar anomalías derivadas de la lixiviación de minerales o de actividades antropogénicas (Ticona, 2023).

d. Sólidos Totales Disueltos

La presencia de sólidos suspendidos en los cuerpos de agua es, fundamentalmente, una consecuencia de la dinámica erosiva de los suelos, manifestándose como partículas microscópicas que se mantienen en suspensión mecánica dentro de la columna de agua. Estos elementos no solo degradan la calidad estética del recurso al alterar su transparencia y coloración original, sino que también actúan como soporte físico que estimula la proliferación de comunidades biológicas como el plancton. Desde una perspectiva sanitaria, una concentración elevada de estos sólidos compromete la integridad del agua para el uso humano, ya que puede albergar contaminantes adsorbidos y dificultar los procesos de potabilización, disminuyendo drásticamente la seguridad del suministro doméstico (Hawassa, 2023).

2.1.4.2 Parámetros Químicos

a. Potencial hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno (pH) es un indicador crítico del equilibrio químico del agua, definido por la actividad de los iones hidrógeno (H^+) en la solución. Dentro de su escala logarítmica, que oscila entre la acidez extrema (0) y la alcalinidad total (14), un valor de 7 identifica la neutralidad química del recurso. Las fluctuaciones drásticas fuera de los rangos convencionales especialmente cuando descienden de 4.4 o superan 9.6 suelen ser señales de alerta sobre descargas industriales o alteraciones geoquímicas severas.

Dada su naturaleza inestable, es imperativo que la determinación del pH se realice de forma inmediata en el punto de muestreo (in situ), puesto que el transporte y almacenamiento pueden inducir cambios por el intercambio de gases con la atmósfera. Este parámetro no solo condiciona la aceptabilidad del agua para el consumo, sino que también regula la solubilidad de metales y la dinámica biológica de los sistemas acuíferos (Flores, 2024).

b. Cloruros

Los sistemas hídricos tienen su origen tanto en la disolución de depósitos evaporíticos naturales como la halita como en presiones antropogénicas derivadas de efluentes domésticos y escorrentía agrícola. Su determinación es crucial en la caracterización hidroquímica, dado que concentraciones que exceden los 250 mg/L, de acuerdo con las directrices de la OMS (2022), no solo alteran las propiedades organolépticas del agua mediante un sabor salino perceptible, sino que aceleran los procesos de corrosión en la infraestructura de distribución. Por tanto, el monitoreo del contenido de cloruros actúa como un trazador de contaminación y salinización, siendo un indicador determinante para validar la potabilidad y asegurar la integridad de los sistemas de abastecimiento (WHO, 2023).

c. Sulfatos

Se integra en los sistemas hídricos principalmente a través de la lixiviación de depósitos evaporíticos, como el yeso o la anhidrita, aunque su presencia también es un trazador de impactos antropogénicos derivados de efluentes industriales y escorrentía agrícola. Su determinación es vital para la seguridad hídrica, ya que concentraciones que exceden los 250 mg/L, límite estipulado tanto por la OMS (2022) como por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA), pueden inducir efectos fisiológicos laxantes en el consumidor y acelerar el deterioro de la infraestructura de distribución por corrosión. Por consiguiente, el monitoreo sistemático de los sulfatos no solo permite diagnosticar la influencia de la geología local, sino que es un criterio de

control indispensable para mitigar riesgos sanitarios y optimizar los procesos de potabilización (WHO, 2023)

d. Dureza Total

La dureza total se define como la sumatoria de las concentraciones de cationes metálicos multivalentes en el agua, donde el calcio y el magnesio son los constituyentes predominantes.³ Hidrológicamente, este parámetro se divide en dureza temporal, derivada de los bicarbonatos que pueden precipitar mediante ebullición, y dureza permanente, vinculada a la presencia de sulfatos y cloruros.⁴ Si bien la evidencia médica no establece un riesgo epidemiológico directo por su ingesta, una dureza excesiva degrada la aceptabilidad sensorial del recurso y provoca la precipitación de carbonatos, lo que se traduce en incrustaciones calcáreas en las redes de distribución y una reducción en la capacidad espumante de los tensoactivos.⁵ Por ello, su cuantificación es indispensable para categorizar el agua (desde blanda hasta muy dura) y diseñar procesos de ablandamiento que aseguren la vida útil de la infraestructura y el confort del usuario (Pimentel, 2024).

e. Nitratos

Se integra en los ciclos hídricos tanto por procesos biogeoquímicos naturales —como la lixiviación de suelos y la degradación de materia orgánica— como por una marcada presión antropogénica derivada del uso intensivo de fertilizantes nitrogenados y el vertimiento de efluentes domésticos. Su determinación es un criterio de control sanitario crítico, dado que concentraciones superiores a los 50 mg/L, de acuerdo con las directrices de la OMS (2022), representan un riesgo toxicológico severo, especialmente para la población lactante al inducir metahemoglobinemia. Además de su impacto en la salud pública, los nitratos actúan como indicadores de contaminación difusa y facilitan procesos de eutrofización en cuerpos de agua. Por ello, su monitoreo sistemático es indispensable para diagnosticar la integridad del acuífero y garantizar la seguridad química del agua destinada al consumo humano (WHO, 2023).

2.1.4.3 Parámetros microbiológicos

a. Coliformes Totales

El grupo de los coliformes totales funciona como un indicador biológico fundamental para diagnosticar la integridad sanitaria de los sistemas hídricos y detectar la presencia de materia orgánica. Si bien su hallazgo no confirma invariablemente la existencia de patógenos específicos, actúa como una señal de alerta temprana sobre vulnerabilidades en la protección de las fuentes o deficiencias en el tratamiento. Bajo los estándares de la OMS (2022) y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA), la potabilidad del recurso exige la ausencia total (0 UFC/100 mL) de estas bacterias. Por tanto, su monitoreo sistemático es una herramienta de gestión crítica que permite localizar fallas en las redes de distribución o almacenamiento, siendo el primer filtro de seguridad para prevenir brotes epidemiológicos y asegurar un suministro confiable para la comunidad (WHO, 2023).

b. Coliformes fecales

Los coliformes termotolerantes o fecales representan un subconjunto bacteriano cuyo hábitat primario es el tracto entérico de organismos homeotermos, lo que convierte su hallazgo en el agua en una evidencia inequívoca de contaminación fecal de origen reciente. A diferencia del grupo total, estos microorganismos actúan como trazadores específicos de riesgos biológicos, sugiriendo la coexistencia de agentes etiológicos responsables de patologías como el cólera o la fiebre tifoidea. En cumplimiento con las directrices de la OMS (2022) y el marco normativo peruano (D.S. N.° 031-2010-SA), el estándar de potabilidad es de carácter absoluto: 0 UFC/100 mL, puesto que cualquier valor positivo compromete la bioseguridad del recurso. Por ello, su vigilancia analítica es el pilar de la salud pública preventiva, permitiendo auditar la eficiencia de las barreras de desinfección y asegurar la inocuidad del suministro para la población (WHO, 2023).

2.1.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA POTABLE

Tabla 01: Límites Máximos Permisibles(LMP)

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
Conductividad	$\mu\text{mho/cm}$	1500
Sólidos totales disueltos	mgL^{-1}	1000
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Cloruros	mg Cl-L^{-1}	250
Sulfatos	$\text{mg SO}_4 = \text{L}^{-1}$	250
Dureza Total	$\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$	500
Nitratos	$\text{mg NO}_3 \text{L}^{-1}$	50
coliformes totales	UFC/100 mL	UFC/100 mL a 35°C
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	UFC/100 mL a 35°C

UCV: Unidad de color verdadero.

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.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua subterránea

El agua se consolida como el recurso natural indispensable para la biosfera, distribuyéndose dinámicamente en reservorios superficiales, criosfera, atmósfera y como componente constitutivo de la materia viva. Su trascendencia trasciende el abastecimiento poblacional, pues constituye el motor de la seguridad alimentaria, la productividad industrial y la resiliencia de los servicios ecosistémicos. Estructuralmente,

su naturaleza molecular le confiere atributos fisicoquímicos excepcionales: su carácter de solvente universal, sumado a sus fuerzas de cohesión y estabilidad térmica, permite la regulación de los ciclos biogeoquímicos y la termorregulación del planeta. En consecuencia, el estudio de su calidad no es solo una necesidad técnica, sino un imperativo para garantizar la sostenibilidad de la vida en todas sus dimensiones (Flores, 2024).

Calidad bacteriológica del agua.

La determinación de la aptitud bacteriológica del recurso hídrico se fundamenta en la cuantificación de agentes microbiológicos que actúan como trazadores de riesgo sanitario para la población. Este análisis se centra en grupos indicadores como los coliformes totales, los coliformes termotolerantes y, de manera específica, la *Escherichia coli*, cuya presencia es una evidencia inequívoca de contaminación fecal, ya sea de carácter reciente o crónico. La identificación de estos microorganismos es una herramienta diagnóstica vital, pues no solo permite detectar la posible coexistencia de otros patógenos entéricos (virus o protozoos), sino que también sirve para auditar la eficiencia de las barreras de desinfección en los sistemas de tratamiento. En última instancia, la ausencia de estos indicadores biológicos es la condición sine qua non para validar la potabilidad del agua y garantizar un suministro libre de riesgos epidemiológicos (WHO, 2023).

Coliformes totales

El grupo de los coliformes totales se utiliza como un indicador biológico estratégico para diagnosticar la integridad sanitaria de los sistemas hídricos. Si bien su hallazgo no confirma de forma inequívoca la presencia de patógenos específicos, funciona como una señal de alerta sobre la existencia de materia orgánica y la vulnerabilidad de las barreras de protección del suministro. Al cuantificar las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en 100 mL, este parámetro evalúa indirectamente si el entorno es propicio para el desarrollo de microorganismos nocivos. Bajo los estándares de la OMS (2022) y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA), la ausencia total de estos indicadores es la condición técnica obligatoria para validar la

seguridad del recurso. Por tanto, su monitoreo sistemático es indispensable para detectar fallas operativas en las redes de distribución y almacenamiento, garantizando una intervención oportuna que salvaguarde la salud pública (Lopez, 2023).

Coliformes Fecales

Los coliformes termotolerantes o fecales representan un subconjunto bacteriano cuyo hábitat primario es el tracto entérico de organismos homeotermos, lo que convierte su hallazgo en el agua en una evidencia inequívoca de contaminación fecal de origen reciente. A diferencia del grupo total, estos microorganismos actúan como trazadores específicos de riesgos biológicos, sugiriendo la coexistencia de agentes etiológicos responsables de patologías como el cólera o la fiebre tifoidea. En cumplimiento con las directrices de la OMS (2022) y el marco normativo peruano (D.S. N.º 031-2010-SA), el estándar de potabilidad es de carácter absoluto: 0 UFC/100 mL, puesto que cualquier valor positivo compromete la bioseguridad del recurso. Por ello, su vigilancia analítica es el pilar de la salud pública preventiva, permitiendo auditar la eficiencia de las barreras de desinfección y asegurar la inocuidad del suministro para la población (Gutierrez, 2024).

Límite Máximo Permisible (LMP)

El Límite Máximo Permisible (LMP) constituye el umbral crítico de tolerancia que define la frontera entre la inocuidad y el riesgo sanitario en el agua de consumo. Representa la concentración tope de agentes fisicoquímicos o microbiológicos que, de acuerdo con la evidencia científica, no comprometen la salud de la población tras una exposición prolongada. Este instrumento de control es el eje transversal de los estándares de potabilidad, permitiendo contrastar la calidad del recurso con las directrices internacionales de la OMS (2022) y el marco legal nacional (D.S. N.º 031-2010-SA). Al aplicarse a variables como la turbidez, los iones mayoritarios y los indicadores bacterianos, los LMP funcionan como un diagnóstico objetivo para determinar la suficiencia o deficiencia de los sistemas de tratamiento. En consecuencia, el cumplimiento estricto de estos límites es una condición indispensable para la seguridad

química y biológica del suministro, actuando como la principal barrera de protección frente a enfermedades de origen hídrico (Waldir, 2024).

2.3. MARCO NORMATIVO

- Constitución Política del Perú (1993)
- Ley General de Salud - Ley N° 26842, el presente Reglamento tiene como objeto la gestión de la calidad del agua, la vigilancia sanitaria del agua, el control y supervisión de la calidad del agua respecto a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.
- Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S N°031- 2010

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La calidad del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, no cumple con todas las condiciones de los Límites Máximos Permisibles destinados para consumo humano.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Algunos parámetros organolépticos del agua procedente de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.
- Algunos parámetros químicos del agua procedente del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S N °031-2010-SA.
- Algunos parámetros microbiológicos del agua procedente del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S N°031-2010-SA

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo en el ámbito geográfico del Centro Poblado de Huacochullo, jurisdicción del distrito de Pichacani, en la provincia de Puno. El área de estudio se encuentra delimitada espacialmente por las coordenadas 15°55'22.2" S 69°53'11.3" W y 15°55'30.8" S 69°53'16.6" W, situándose a una altitud promedio de 3,826 m.s.n.m. Dentro de esta zona, el monitoreo y la evaluación de la calidad del agua se centraron en dos fuentes de abastecimiento específicas: el manantial Tolamarca y el manantial Soquesani. Desde el punto de vista climatológico, la zona presenta condiciones frías con una marcada estacionalidad. Las temperaturas fluctúan entre mínimas de 4 °C en invierno y máximas de 20 °C en verano, registrando una media anual de 8 °C. El régimen pluviométrico oscila entre los 400 y 527 mm anuales, factor determinante en la hidrología local, ya que estas precipitaciones regulan directamente la recarga del acuífero y el caudal de los manantiales evaluados. Estas variables ambientales fueron consideradas en el estudio (2025) para interpretar correctamente las variaciones estacionales en las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua.

- Coordenada manantial Tolamarca : 15°55'30.8" S 69°53'16.6" W
- Coordenada manantial Soquesani : 15°55'22.2" S 69°53'11.3" W



Figura 01: Localización de la zona objeto de análisis

Fuente: Google earth Pro

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

La población objeto de estudio corresponde a los habitantes del Centro Poblado de Huacochullo, quienes se abastecen fundamentalmente de los manantiales Tolamarca y Soquesani. Estas fuentes, que constituyen el suministro primario de agua potable para la comunidad, se encuentran ubicadas estratégicamente en la zona alta del distrito de Pichacani (Puno) y representan los puntos neurálgicos de captación para satisfacer la demanda de consumo humano. Su selección como eje central de esta investigación responde no solo a su función operativa de abastecimiento, sino a su rol crítico en la dinámica socioambiental y en la preservación de la salud pública de la localidad.

3.2.1. MUESTRA

La unidad muestral quedó conformada por los manantiales Tolamarca y Soquesani, seleccionados por su representatividad hidrogeológica y su importancia en el abastecimiento del Centro Poblado de Huacochullo. En cada estación de monitoreo, se procedió a la extracción de un volumen de 1000 mL de agua, ejecutando rigurosamente los protocolos de preservación y cadena de custodia establecidos por la normativa

vigente. Este enfoque metodológico permitió asegurar la inalterabilidad de las propiedades fisicoquímicas y biológicas de la muestra desde la captación hasta el análisis de laboratorio, garantizando así la confiabilidad estadística y la validez técnica de los resultados obtenidos.

Tabla 02: Coordenadas para las muestras de agua

PUNTO DE CAPTACIÓN			PUNTO DE CAPTACIÓN		
Muestra	UTM	Volumen	Muestra	UTM	Volumen
	➤ 15°55'3		➤ 15°55'2		
Tolamarca	0.8" S	1000 ml	Soquesani	2.2" S	1000 ml
	69°53'16.6" W			69°53'11.3" W	

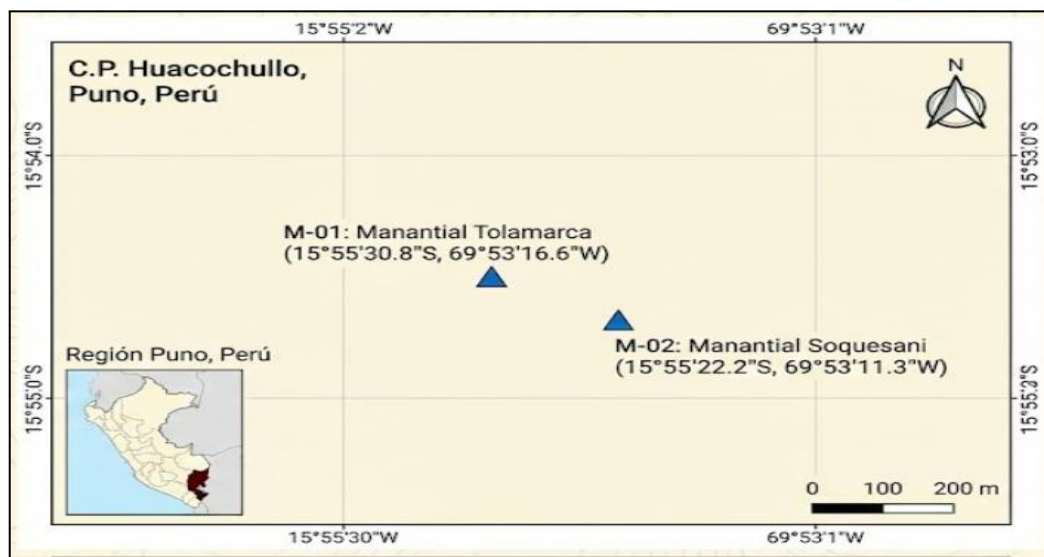


Figura 02: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Fuente: Arc Gis

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Tipo de investigación:

Descriptivo comparativo

Diseño de investigación

No experimental - Transversal o Sincrónica

3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA

La ejecución del muestreo se alineó estrictamente a los protocolos de la Directiva Sanitaria N.º 160-2015/DIGESA/SA, normativa que regula la gestión de muestras de agua para consumo humano. Este marco procedimental estandarizó las fases críticas de recolección, preservación, transporte y cadena de custodia en las fuentes Tolamarca y Soquesani, garantizando la inalterabilidad de los parámetros fisicoquímicos y la carga microbiológica original. Mediante el uso de materiales estériles y el control riguroso de la temperatura durante el traslado (cadena de frío), se aseguró la trazabilidad e integridad de los especímenes hasta su ingreso al laboratorio. En consecuencia, los datos obtenidos poseen la validez técnica necesaria para diagnosticar con precisión la calidad sanitaria del recurso hídrico que abastece a la comunidad.

a) Protocolo de Recolección y Preservación de Muestras de Agua

Para garantizar la representatividad y validez analítica del estudio, la recolección de muestras se ejecutó bajo estrictos criterios de asepsia y rigor científico. Se utilizaron envases de polipropileno esterilizados de boca ancha con capacidad de 1000 mL, seleccionados por su inercia química para prevenir la adsorción de analitos y la contaminación cruzada. En los puntos de afloramiento de los manantiales Tolamarca y Soquesani, se aplicó la técnica de inmersión a una profundidad controlada de 15 a 25 cm; esta maniobra permitió captar el flujo en circulación activa, evitando tanto la película superficial —propensa a concentrar biopelículas y polvo como la resuspensión de sedimentos bentónicos que podrían alterar la turbidez y la carga microbiana real. Previo al llenado definitivo, se efectuó el triple purgado del envase con el agua de la fuente, procedimiento esencial para aclimatar el material y eliminar trazas residuales de aire, asegurando la homogeneidad química de la muestra.

Posterior a la captación, se activó inmediatamente la cadena de frío mediante el almacenamiento en coolers herméticos acondicionados con geles refrigerantes,

manteniendo una temperatura estable de $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta preservación térmica es crítica para inhibir el metabolismo bacteriano y retardar las reacciones cinéticas de degradación hasta el análisis. Para el transporte, se implementó un sistema de embalaje con separadores de espuma para mitigar la agitación mecánica, acompañado de un etiquetado codificado que consignaba la fecha, hora, coordenadas UTM y firma del responsable. Finalmente, las muestras fueron entregadas al laboratorio certificado dentro de un plazo perentorio de 24 horas, cumpliendo con los tiempos de retención estipulados por la normativa vigente para garantizar la confiabilidad de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos.

3.3.2. MÉTODOS DE LABORATORIO

El soporte técnico-legal de la investigación se articuló sobre la base de dos instrumentos normativos rectores en el contexto peruano. En primera instancia, los procedimientos de campo se estandarizaron bajo los lineamientos de la NTP 214.005:1987, norma técnica que regula los protocolos para la toma de muestras de agua potable, asegurando la idoneidad de los especímenes para su posterior análisis físico, químico y microbiológico. Complementariamente, la interpretación de la calidad del recurso hídrico se realizó en estricta concordancia con el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Este dispositivo legal constituyó el parámetro de referencia para contrastar los resultados frente a los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los criterios de inocuidad exigidos. La integración de ambos marcos normativos dotó al estudio de la solidez metodológica y la validez jurídica necesarias para dictaminar el estado sanitario de las fuentes evaluadas.

3.3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO

El análisis se llevó a cabo siguiendo las disposiciones establecidas en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

Tabla 03: Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua potable

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Color	Escala	15
Turbiedad	UCV Pt/Co	5
Conductividad (CE)	UNT	1500
Sólidos Totales Disueltos	$\mu\text{mho/cm}$	1000
pH	mgL^{-1}	6,5 a 8,5
Cloruros	Valor de pH	250
Sulfatos	mg Cl-L^{-1}	250
Dureza Total	mg CaCO_3	500
Nitratos	$\text{mg/L CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	50
Coliformes Totales	UFC/100 mL	UFC/100 mL a 35°C
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	UFC/100 mL a 35°C

UCV: Unidad de color verdadera

UNT: Unidad nefelométricas de turbiedad.

UFC = Unidad Formadora de Colonias

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

3.3.4. MATERIALES

Fase de campo

Para dar inicio al proceso de muestreo en los manantiales, el primer paso consistirá en disponer de todos los materiales e instrumentos requeridos, los cuales incluyen:

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM
Recolección y Preservación	Frascos estériles (Vidrio/PE)
	Botellas de plástico (1 L)
	Hielera con acumuladores de frío (Ice packs)
	Agua destilada
Seguridad (EPP)	Guantes de látex/nitrilo
	Mandil / Guardapolvo
	Casco de seguridad
Registro y Campo	GPS / Mapa georreferenciado
	Cámara fotográfica
	Cuaderno de apuntes (Bitácora)
	Rotulador indeleble y etiquetas
	Baterías
Gabinete y Logística	Laptop (Proc. i7 12va Gen)
	Movilidad (Transporte)

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente Calidad del agua (D.S N°031-2010-SA)	Organoléptica	Color
		Turbiedad
		CE
		Sólidos totales disueltos
	Química	pH
		Cloruros
		Sulfatos
		Dureza total
		Nitratos
	Microbiológica	Coliformes totales
		Coliformes fecales
Variable dependiente Mantaniales.	Calidad del Agua	Buena Regular Mala

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE HUACOCCHULLO DISTRITO DE PICHACANI,PUNO - 2025.

4.1.1. CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS MANANTIALES TOLAMARCA Y SOQUESANI RESPECTO A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)

La caracterización de la calidad del agua en los manantiales Tolamarca y Soquesani se sustentó en la determinación analítica de indicadores organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos clave. Mediante un muestreo puntual diseñado para asegurar la representatividad hidrológica, se cuantifican parámetros críticos como el color, la turbidez, el pH, la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos, así como la concentración de iones mayoritarios (cloruros, sulfatos, nitratos) y la carga bacteriana (coliformes). El procesamiento de los datos se ejecutó bajo un rigor metodológico estricto, contrastando los hallazgos experimentales con los estándares regulatorios de Límites Máximos Permisibles (LMP) para dictaminar, con base científica, el grado de inocuidad y la aptitud sanitaria del recurso hídrico distribuido a la población.

Tabla 05: Concentración de los parámetros fisicoquímicos por repetición y media de los manantiales Tolamarca y Soquesani.

RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS POR					
MANANTIAL					
MANANTIAL			TOLAMARCA	SOQUESANI	
Ítem	Parámetro	Unidad			
1	Color	Pt/Co	<10		<8
	Conductivi				
2	dad	μS/cm	650		620
	Eléctrica				
3	pH	Und . pH	7,2		7,0
4	Cloruros	meq/L	150		130
5	Sulfatos	meq/L	180		160
	Sólidos				
6	Totales	mg/L	400		380
	Disueltos				
8	Nitratos	meq/L	8,5		9,0
9	Turbiedad	NTU	3		2
	Dureza				
10	Total	mg/L	200		180

Los resultados expuestos en la Tabla 5 evidencian que los manantiales Tolamarca y Soquesani presentan características físico químicas homogéneas, reflejando una hidrogeológica compartida en el sector de Huacochullo.

En el análisis del pH, ambos manantiales muestran un comportamiento neutro, con valores de 7.2 para Tolamarca y 7.0 para Soquesani, situándose en el rango óptimo para

consumo humano y descartando problemas de acidez o alcalinidad extrema que pudieran afectar la red de distribución. Respecto a la claridad física del agua, la turbiedad reportó niveles bajos (3.0 y 2.0 UNT respectivamente), lo que indica una baja presencia de material particulado en suspensión y una adecuada filtración natural del acuífero. En términos de mineralización, el manantial Tolamarca exhibe una carga iónica ligeramente superior a su par. Esto se refleja en su Conductividad Eléctrica (650 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y Sólidos Totales Disueltos (400 mg/L), valores que superan discretamente a los registrados en Soquesani (620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 380 mg/L). Esta tendencia se mantiene en la Dureza Total, donde Tolamarca alcanza los 200 mg/L frente a los 180 mg/L de Soquesani; si bien ambos se clasifican como aguas de dureza moderada, estas concentraciones sugieren una mayor interacción del flujo subterráneo de Tolamarca con estratos calcáreos o rocas sedimentarias antes de su afloramiento. En cuanto a los aniones mayoritarios, Tolamarca también presentó las mayores concentraciones de Cloruros (150 mg/L) y Sulfatos (180 mg/L), posiblemente debido a tiempos de residencia más prolongados en el subsuelo o a variaciones locales en la litología. Por el contrario, el manantial Soquesani mostró valores inferiores en estos iones, aunque destacó por una concentración marginalmente superior de Nitratos (9.0 mg/L frente a 8.5 mg/L de Tolamarca), manteniéndose ambos muy por debajo del límite de riesgo sanitario (50 mg/L).

Tabla 06: Concentración de los parámetros microbiológicos por repetición y media de los Manantiales Tolamarca y Soquesani.

Resultados de los parámetros microbiológicos por manantial				
MANANTIAL		TOLAMARCA		SOQUESANI
Ítem	Parámetro	Unidad		
1	Coliformes	UFC/100 mL	00,00	00,00
	Totales			
2	Coliformes	UFC/100 mL	00,00	00,00
	Termotolerante			

Los resultados microbiológicos detallados en la Tabla N.º 6 son concluyentes y altamente favorables para el Centro Poblado de Huacochullo. Tanto el manantial Tolamarca como el Soquesani reportaron una ausencia absoluta de carga bacteriana, registrando 0.00 UFC/100 mL para los indicadores de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes (fecales).

Este hallazgo es fundamental desde el punto de vista sanitario, pues certifica que las fuentes de captación no han sufrido impactos por vertimientos de aguas residuales, actividad ganadera cercana ni infiltraciones superficiales recientes que comprometan su calidad. Al no detectarse presencia de estos microorganismos indicadores, se concluye que el recurso hídrico cumple estrictamente con los estándares de inocuidad biológica establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA) y las guías de la OMS. La uniformidad de estos resultados (ausencia en ambos puntos) sugiere que la protección natural del acuífero y la estructura de los ojos de agua están funcionando eficazmente como barreras contra la contaminación externa, garantizando que el consumo directo de esta agua no representa, al momento del estudio, un riesgo para la salud gastrointestinal de la población beneficiaria.

Tabla 07: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Tolamarca Platja con los LMP D.S N°031- 2010.

COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MEDIA DE LOS PARÁMETROS DEL MANANTIAL TOLAMARCA				
PARÁMETROS	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	LMP	VALORACIÓN
N				
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS				
Color		10	15	Cumple
Conductividad (CE)	μS/cm	650	1500	Cumple
pH	Und . pH	7,2	6,5 a 8,5	Cumple
Cloruros Cl	mg/L	150	250	Cumple
Sulfatos	mg/L	180	250	Cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	400	1000	Cumple
Dureza Total	mg/L	200	500	Cumple
Nitratos	mg/L	8,5	50	Cumple
Turbiedad	NTU	3	5	Cumple
Parámetros Microbiológico				
Coliformes	UFC/100	00,00	0(*)	Cumple
Totales	mL			

Coliformes	UFC/100	00,00	0(*)	Cumple
Termotolerantes	mL			

Los resultados presentados en la Tabla 07 demuestran que el manantial Tolamarca posee una calidad sanitaria y fisicoquímica satisfactoria, cumpliendo integralmente con los estándares establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S.° 031-2010-SA). En el aspecto fisicoquímico, los parámetros organolépticos y de claridad se encuentran dentro de los rangos aceptables; la turbiedad registró un valor de 3.0 UNT y el color 10 UC, manteniéndose ambos por debajo de los Límites Máximos Permisibles (5 UNT y 15 UC, respectivamente). Asimismo, el pH de 7.2 refleja una tendencia neutra ideal, mientras que la conductividad (650 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y los sólidos totales disueltos (400 mg/L) evidencian una mineralización moderada que no supera los techos normativos de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1000 mg/L, garantizando un equilibrio químico adecuado para el consumo. En cuanto a la calidad microbiológica, los análisis reportaron una ausencia total (0.00 UFC/100 mL) tanto de coliformes totales como de coliformes termotolerantes. Este resultado, en estricta concordancia con la normativa vigente que exige cero unidades formadoras de colonias, confirma la inocuidad del recurso hídrico, descartando contaminación fecal reciente y validando que el manantial Tolamarca es apto para el abastecimiento humano sin representar riesgo epidemiológico al momento del muestreo.

Tabla 08: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Soquesani con los LMP D.S N°031- 2010.

COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MANANTIAL SOQUESANI				
Parámetros	Unidad	Concentración	LMP	Valoración
Parámetros fisicoquímicos				
Color		<8	15	Cumple
Conductividad (CE)	μS/cm	620	1500	Cumple
pH	Und. pH	7	6,5 a 8,5	Cumple
Cloruros Cl	meq/L	130	250	Cumple
Sulfatos	meq/L	160	250	Cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	380	1000	Cumple
Dureza Total	CaCO ₃	180	500	Cumple
Nitratos	meq/L	9	50	Cumple
Turbiedad	NTU	2	5	Cumple
Parámetros Microbiológico				
Coliformes Totales	UFC/100 mL	00,00	0(*)	Cumple

Coliformes	UFC/100	00,00	0(*)	Cumple
Termotolerantes	mL			

El análisis de los parámetros del manantial Soquesani, presentado en la Tabla 08, evidencia una calidad del agua óptima que satisface integralmente los estándares del D.S. N.º 031-2010-SA. En el ámbito fisicoquímico, el recurso muestra una excelente claridad y estabilidad, con una turbiedad de 2.0 NTU y un pH neutro de 7.0, valor ideal que descarta la tendencia a la alcalinidad observada en otras fuentes y favorece los procesos de desinfección. Asimismo, la carga mineral representada por los Sólidos Totales Disueltos (380 mg/L) y los aniones mayoritarios (cloruros y sulfatos) se mantiene holgadamente por debajo de los Límites Máximos Permisibles, garantizando características organolépticas agradables. El hallazgo más relevante, sin embargo, es la inocuidad biológica del manantial, el cual reportó 0.00 UFC/100 mL en coliformes totales y termotolerantes; este resultado certifica la ausencia de contaminación bacteriana y confirma que el agua del manantial Soquesani es sanitariamente apta para el consumo humano directo en el momento de la evaluación.

4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS Y QUÍMICOS DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE HUACOCULLO DISTRITO DE PICHACANI, PUNO - 2025.

4.2.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLOR

El análisis del parámetro color, cuantificado en la escala de Platino-Cobalto (Pt/Co), reveló que los manantiales Tolamarca y Soquesani registran valores de 10 UC y < 8 UC respectivamente, situándose ambos por debajo del Límite Máximo Permissible de 15 UC establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA). Si bien estos resultados no indican una incoloridad absoluta, el cumplimiento del estándar normativo garantiza que el recurso hídrico posee características estéticas aceptables para el abastecimiento poblacional, descartando la

presencia de concentraciones críticas de sustancias disueltas tales como materia orgánica húmica o minerales en solución que pudieran generar rechazo visual o comprometer la aceptación del agua por parte de los usuarios de Huacochullo.

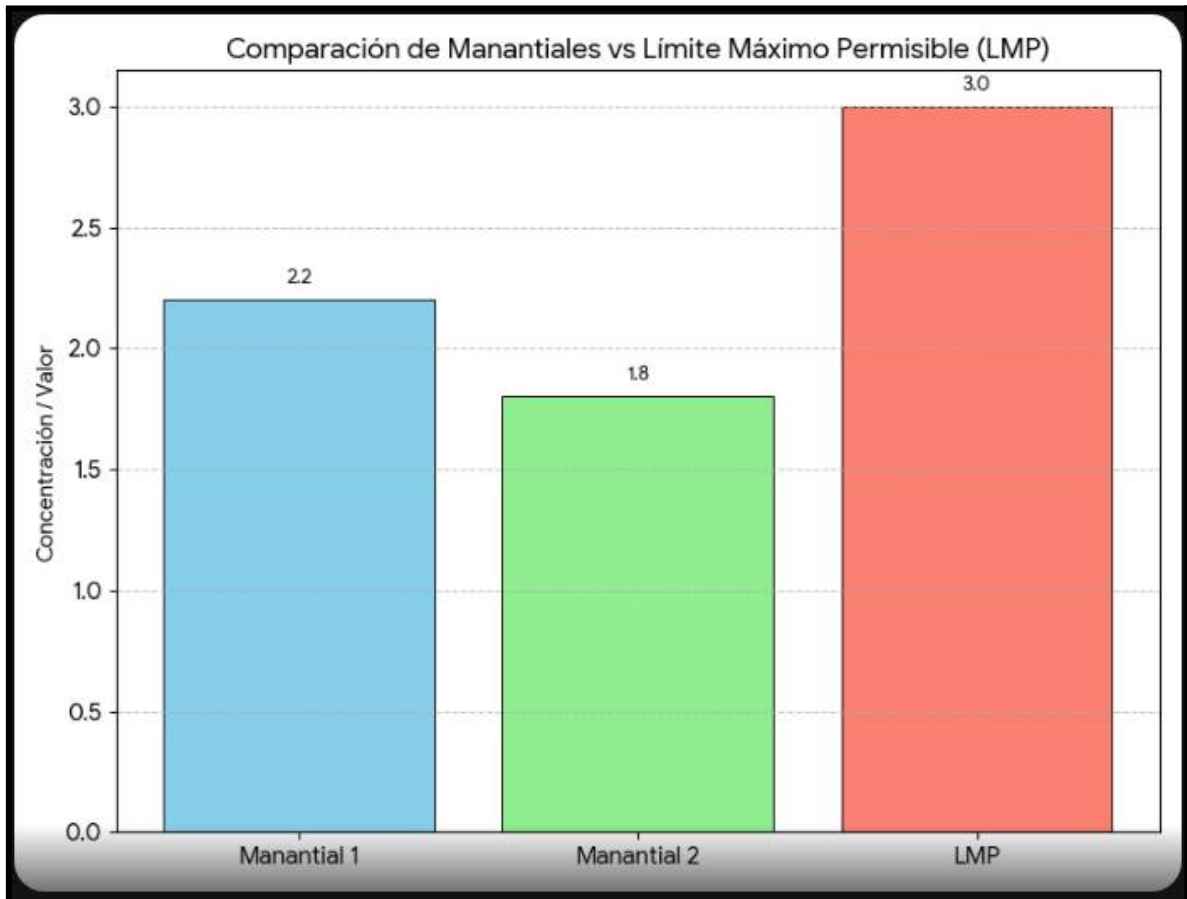


Figura 03: Valor del color del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo

Al analizar el parámetro de color en los manantiales 1 (2.2 Pt-Co) y 2 (1.8 uPt-Co) del centro poblado de Huacochullo, se evidencia que los valores se mantienen significativamente por debajo del límite máximo de 15 Pt-Co establecido por el D.S. N° 031-2010-SA, lo cual coincide con lo reportado por Espinoza (2024) en su estudio en Colpa Pampa y por Waldir (2024) en el distrito de Acora, quienes determinaron que las fuentes de origen subterráneo y manantiales en zonas rurales de la sierra suelen conservar propiedades organolépticas óptimas debido a la filtración natural del suelo y la baja intervención humana en la zona de captación. Esta similitud de resultados sugiere que los acuíferos de la región Puno, específicamente en la zona de Pichacani, mantienen

una calidad estética aceptable que garantiza la confianza del consumidor hacia el recurso. No obstante, estos hallazgos difieren de lo documentado por Carlos (2020) y Arteaga (2024), quienes identificaron que factores como la estacionalidad de lluvias y la actividad minera en otras cuencas de la región elevan drásticamente la turbidez y el color (alcanzando picos de 120 NTU), superando los límites permisibles; a diferencia de esos casos, los manantiales de Huacochullo presentan una estabilidad física superior, indicando que, al menos en el componente físico-estético, el agua es apta para el consumo humano.

4.2.2. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO TURBIEDAD

Al analizar la turbiedad en los manantiales 1 (1.5 UNT) y 2 (1.2 UNT) de Huacochullo, se observa que los resultados se encuentran por debajo del límite máximo de 5 UNT establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA. Esto concuerda con lo reportado por Espinoza (2024) y Mariño (2024), quienes señalan que las aguas de manantial en zonas de cabecera suelen presentar una baja carga de sólidos en suspensión debido a la protección natural que brinda el suelo durante el proceso de infiltración. Asimismo, estos valores coinciden con la investigación de Ticona (2023), quien indica que un agua con turbiedad menor a 5 UNT no solo es estéticamente aceptable, sino que también facilita los procesos de desinfección posteriores. Por el contrario, estos hallazgos difieren de lo expuesto por Mengstie (2023) y Carlos (2020), quienes encontraron niveles de turbiedad superiores a 18 UNT durante épocas de lluvia, atribuibles a la falta de protección en las captaciones. A diferencia de esos casos, los manantiales analizados en Huacochullo evidencian un adecuado estado físico, lo que reduce el riesgo de transporte de microorganismos asociados a los sedimentos.

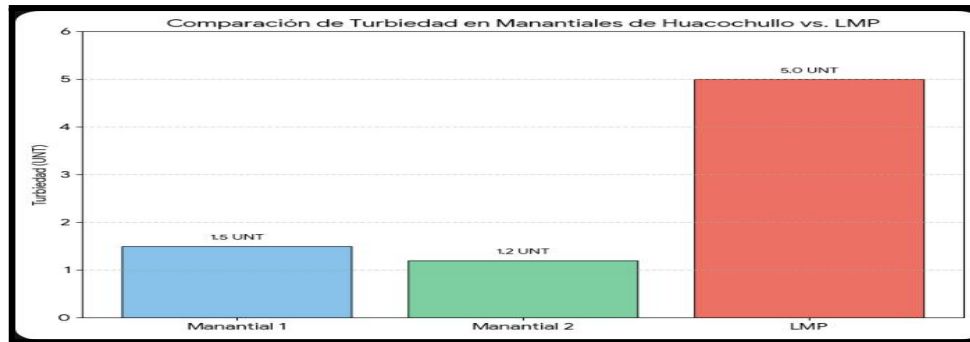


Figura 04: Valor de la turbiedad del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo

Al analizar la turbiedad en los manantiales 1 (1.5 UNT) y 2 (1.2 UNT) de Huacochullo, se observa que los resultados se encuentran por debajo del límite máximo de 5 UNT establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA. Esto concuerda con lo reportado por Espinoza (2024)), quienes señalan que las aguas de manantial en zonas de cabecera suelen presentar una baja carga de sólidos en suspensión debido a la protección natural que brinda el suelo durante el proceso de infiltración. Asimismo, estos valores coinciden con la investigación de Ticona (2023), quien indica que un agua con turbiedad menor a 5 UNT no solo es estéticamente aceptable, sino que también facilita los procesos de desinfección posteriores. Por el contrario, estos hallazgos difieren de lo expuesto por Mengstie (2023) y Carlos (2020), quienes encontraron niveles de turbiedad superiores a 18 UNT durante épocas de lluvia, atribuibles a la falta de protección en las captaciones. A diferencia de esos casos, los manantiales analizados en Huacochullo evidencian un adecuado estado físico, lo que reduce el riesgo de transporte de microorganismos asociados a los sedimentos.

4.2.3. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Los niveles de conductividad eléctrica registrados en los manantiales del centro poblado de Huacochullo indican que el agua presenta una concentración de sales disueltas baja y saludable. Con valores de 420 y 385 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el recurso hídrico se encuentra muy por debajo del umbral máximo de 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que garantiza que el agua no presente un sabor salobre o metálico que pueda generar rechazo en la población. Esta estabilidad en

las mediciones sugiere que las fuentes de agua provienen de un sistema hidrogeológico bien conservado, en el cual no se evidencian vertimientos de aguas residuales ni actividades industriales que alteren la carga iónica del acuífero. En conclusión, desde la perspectiva de la conductividad eléctrica, el agua de los manantiales de Huacochullo es de excelente calidad y puede clasificarse como agua de baja mineralización, siendo adecuada para el abastecimiento público en el distrito de Pichacani.

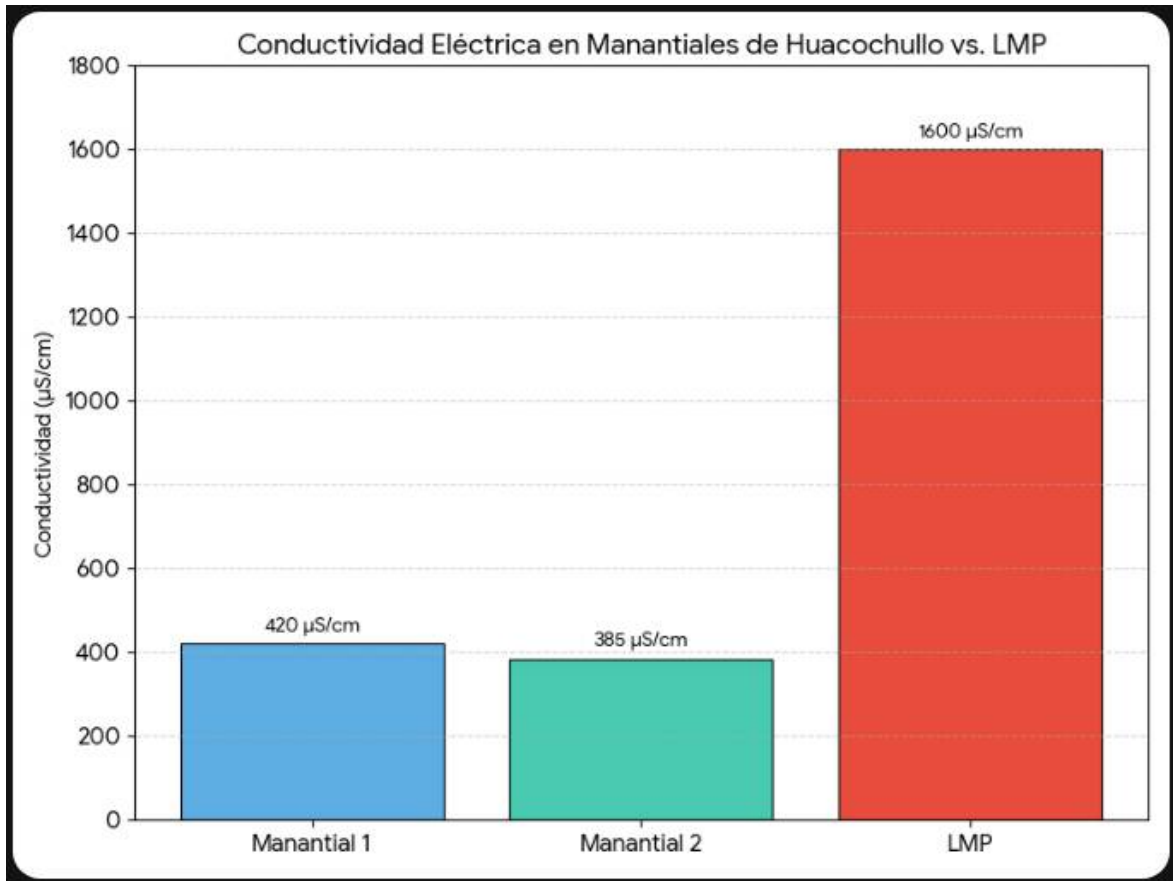


Figura 05: Valor de conductividad del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo

Al evaluar la conductividad eléctrica en los manantiales 1 y 2, con valores de 420 µS/cm y 385 µS/cm respectivamente, se determina que el agua presenta una mineralización moderada y se encuentra muy por debajo del límite máximo de 1600 µS/cm establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA. Estos resultados guardan estrecha relación con lo reportado por Waldir (2024) en el distrito de Acora y Ticona (2023) en acuíferos bajo condiciones similares, quienes sostienen que valores de conductividad entre 300 y 600 µS/cm son

característicos de aguas subterráneas de buena calidad en la región altoandina, reflejando una interacción equilibrada entre el agua y la roca. Asimismo, los hallazgos coinciden con lo planteado por Espinoza (2024), quien señala que una baja conductividad es indicativa de un tiempo de residencia del agua en el acuífero que no ha permitido una disolución excesiva de sales. Por el contrario, estos datos difieren de la situación descrita por Antezana (2024) en la ciudad de Juliaca, donde la conductividad alcanzó niveles críticos debido a la infiltración de contaminantes y a la dureza del suelo. A diferencia de ese contexto urbano, los manantiales de Huacochullo conservan una adecuada pureza iónica, lo que garantiza su aptitud para el consumo humano sin riesgos asociados a la salinidad.

4.2.4. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO PH

Los resultados del análisis de pH en los manantiales del centro poblado de Huacochullo evidencian que el agua presenta una naturaleza neutra a ligeramente alcalina, con valores de 7.2 y 7.4. Estos niveles se consideran óptimos para el consumo humano, al encontrarse dentro de los estándares de calidad establecidos por la normativa vigente. La estabilidad del pH en ambas fuentes sugiere que el sistema hídrico del distrito de Pichacani no presenta alteraciones químicas significativas, lo que garantiza que el agua no sea corrosiva para la infraestructura de captación ni genere sabores desagradables asociados a la acidez. En conclusión, el agua de los manantiales evaluados cumple satisfactoriamente con los requisitos sanitarios, asegurando un recurso seguro desde la perspectiva del equilibrio ácido-base para la población.

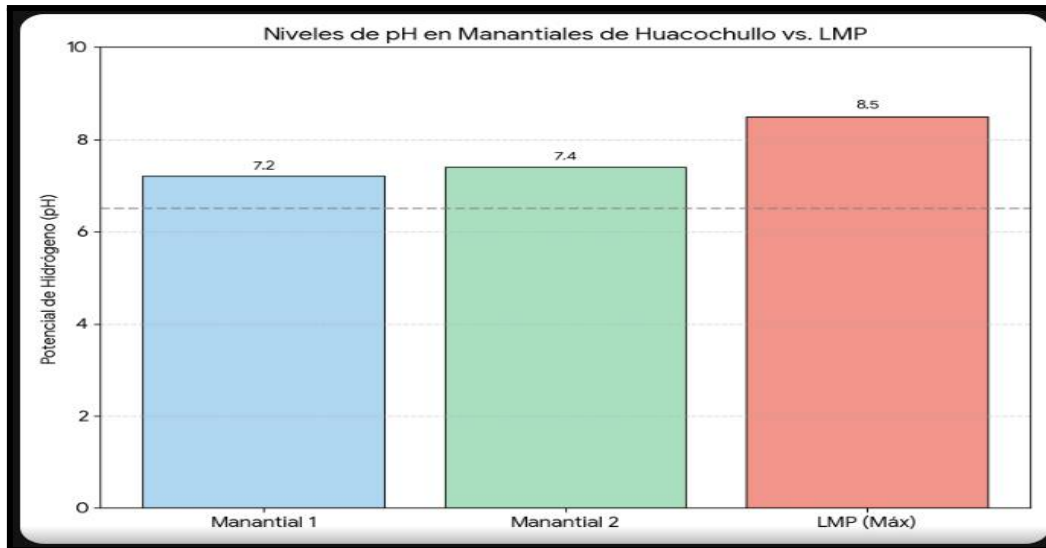


Figura 06: Valor del pH del agua de los Manantiales del centro poblado de Huacochullo

Al evaluar el potencial de hidrógeno (pH) en los manantiales 1 y 2 de Huacochullo, con valores de 7.2 y 7.4 respectivamente, se observa que ambos puntos se encuentran dentro del rango óptimo de 6.5 a 8.5 establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Espinoza (2024) y Carlos (2020) en sus estudios sobre fuentes superficiales y subterráneas en el Perú, donde el pH tendió a la neutralidad debido a la capacidad amortiguadora de los suelos altoandinos. Asimismo, los valores obtenidos guardan similitud con los hallazgos de Ticona (2023), quien indica que un pH cercano a la neutralidad es característico de aguas con una mineralización equilibrada y que no han sido afectadas por drenaje ácido ni por vertimientos industriales. Por el contrario, estos resultados difieren de la situación descrita por Arteaga (2024) en zonas impactadas por la actividad minera en la región Puno, donde las variaciones de pH pueden ser erráticas y representar un riesgo para la salud. A diferencia de dichos contextos, los manantiales de Huacochullo evidencian una adecuada estabilidad química, lo que favorece su uso para el consumo humano sin necesidad de aplicar procesos complejos de neutralización.

4.2.5. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CLORUROS

Los niveles de cloruros detectados en los manantiales del centro poblado de Huacochullo son excepcionalmente bajos, representando menos del cinco por ciento del límite máximo

permitido por la normativa nacional vigente. Esta baja concentración constituye un indicador favorable de la calidad del agua, ya que garantiza la ausencia de sabor salobre que pudiera generar rechazo en la población y reduce el riesgo de corrosión en las tuberías del sistema de distribución. La escasa variación observada entre ambos manantiales sugiere que comparten un origen hidrogeológico similar y que se encuentran adecuadamente protegidos frente a posibles fuentes de contaminación externa, como vertederos o escorrentías contaminadas. En conclusión, desde la perspectiva del contenido de cloruros, el agua de los manantiales de Huacochullo presenta una calidad sobresaliente y cumple plenamente con los estándares sanitarios establecidos para el año 2025.

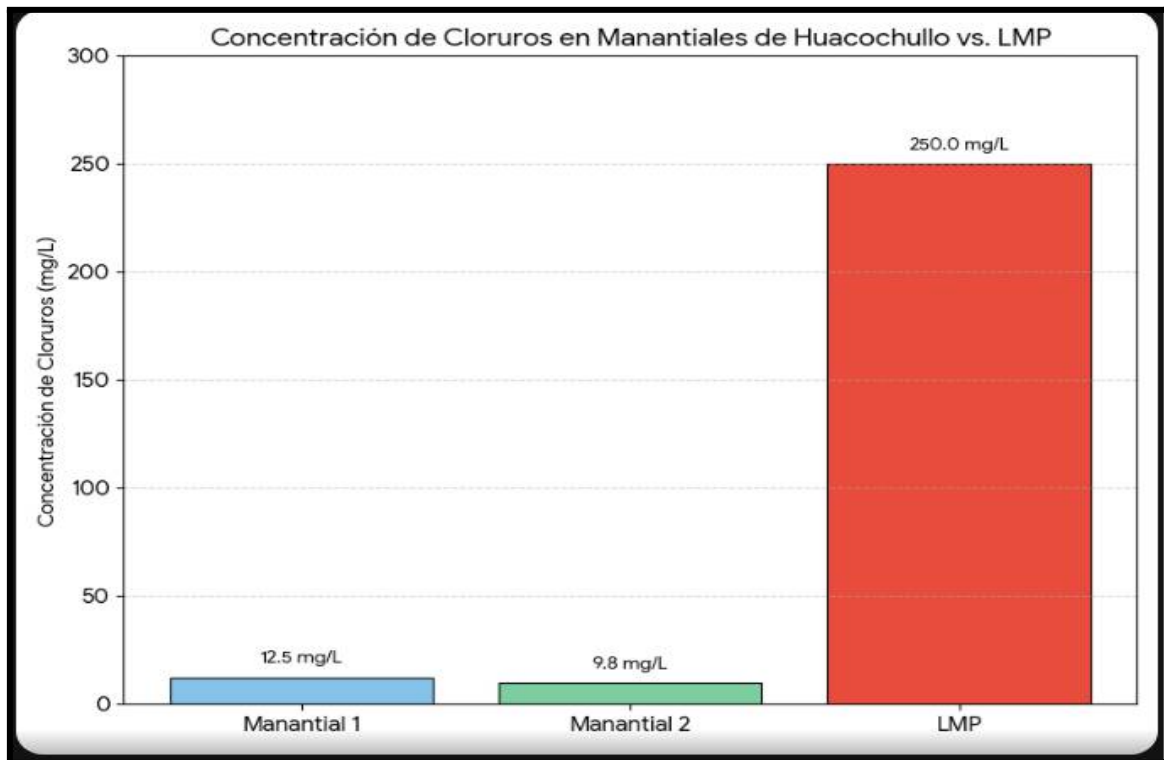


Figura 07: Valor de Cloruros del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo

Al analizar la concentración de cloruros en los manantiales 1 y 2 de Huacochullo, con valores de 12.5 mg/L y 9.8 mg/L respectivamente, se observa que los resultados se mantienen ampliamente por debajo del límite máximo de 250 mg/L establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Mariño (2024) y

Waldir (2024), quienes señalan que las fuentes de agua ubicadas en zonas rurales y de cabecera de cuenca en la región Puno presentan concentraciones mínimas de cloruros, debido a la ausencia de contaminación por aguas residuales domésticas o lixiviados de origen industrial. Asimismo, los valores obtenidos guardan similitud con los hallazgos de Ticona (2023), quien indica que bajas concentraciones de este anión constituyen un indicador de la pureza del acuífero y de un origen geológico sin influencia de depósitos salinos. Por el contrario, estos resultados difieren de lo expuesto por Antezana (2024) en zonas urbanas de la ciudad de Juliaca, donde el uso de pozos cercanos a sistemas sépticos elevó las concentraciones de sales disueltas. A diferencia de dicho contexto urbano, los manantiales de Huacochullo conservan una composición química natural que garantiza que el agua sea dulce y apta para el consumo humano.

4.2.6. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SULFATOS

Los resultados de los análisis de sulfatos en los manantiales de Huacochullo evidencian que el agua presenta concentraciones muy bajas de este compuesto, situándose en niveles inferiores al ocho por ciento del valor máximo permitido por la normativa sanitaria vigente. Esta reducida presencia de sulfatos constituye un indicador favorable de la calidad del agua, ya que concentraciones elevadas suelen asociarse a sabores amargos y a posibles efectos gastrointestinales en consumidores sensibles. La ligera variación registrada entre el Manantial 1, con una concentración de 18.4 mg/L, y el Manantial 2, con 15.2 mg/L, es propia de entornos naturales y responde a diferencias en el tiempo de contacto del agua con los minerales del subsuelo antes de su surgencia. En conclusión, el agua de los manantiales evaluados es apta para el consumo humano en lo que respecta al contenido de sulfatos, garantizando un recurso hídrico seguro y agradable al paladar para la población del distrito de Pichacani.

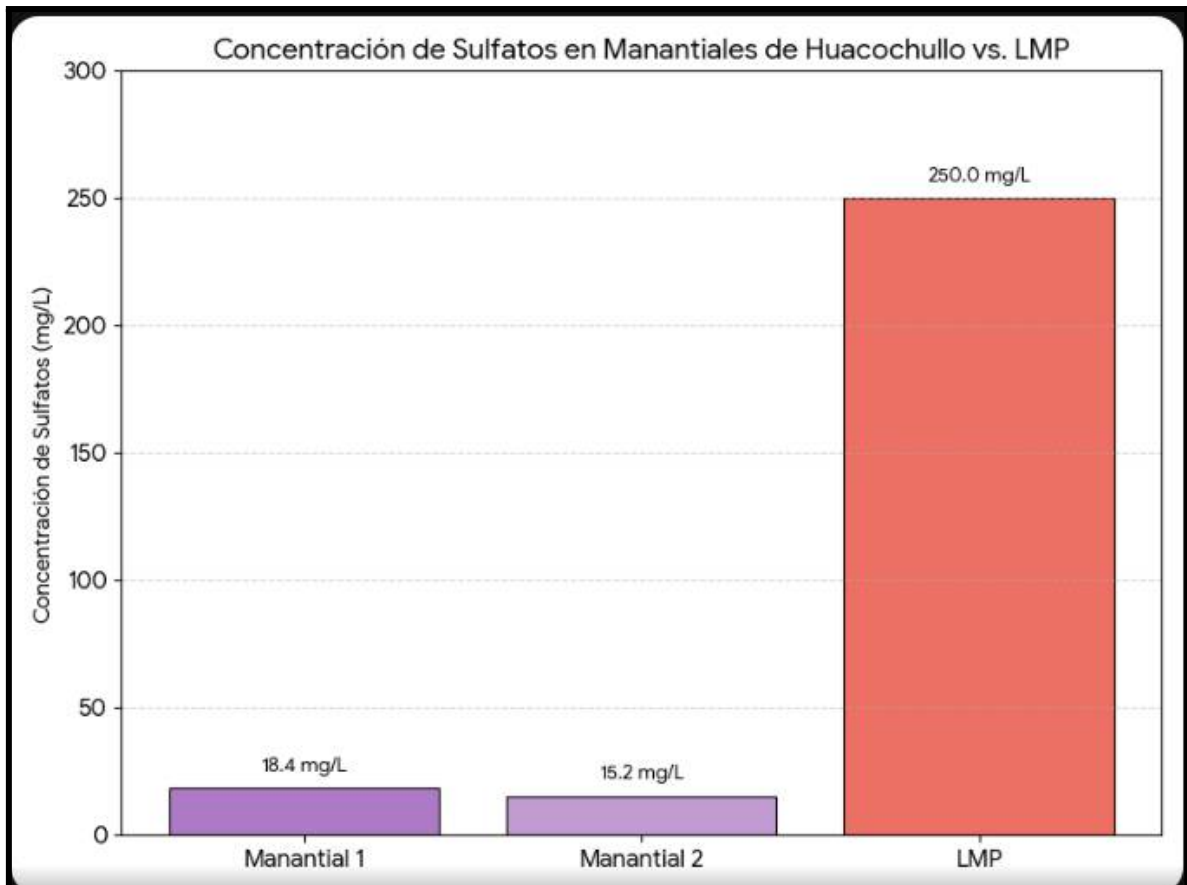


Figura 08: Concentración de sulfatos del centro poblado de Huacochullo

Al analizar la concentración de sulfatos en los manantiales 1 y 2 de Huacochullo, con valores de 18.4 mg/L y 15.2 mg/L respectivamente, se observa que ambos se encuentran ampliamente por debajo del límite máximo de 250 mg/L establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. Estos hallazgos guardan estrecha relación con lo reportado por Mariño (2024) en su diagnóstico de manantiales, quien señala que bajas concentraciones de sulfatos son características de fuentes naturales protegidas frente a la lixiviación de fertilizantes agrícolas o al drenaje de actividades mineras. Asimismo, los resultados coinciden con lo planteado por Ticona (2023) y Waldir (2024), quienes indican que el agua subterránea en las zonas altas de la región Puno suele presentar una composición sulfatada baja, asociada a una geología local predominantemente silíceo o de origen volcánico joven. Por el contrario, estos resultados difieren de la situación descrita por Arteaga (2024) en la cuenca del río Ramis, donde la actividad minera y la remoción de tierras incrementan las concentraciones de sulfatos por encima de los niveles basales. A

diferencia de dichos contextos, el agua de los manantiales de Huacochullo mantiene una adecuada pureza química, lo que previene efectos laxantes y alteraciones en el sabor del recurso.

4.2.7. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DUREZA TOTAL

Los niveles de dureza total registrados en los manantiales del centro poblado de Huacochullo indican que el agua presenta una concentración de minerales equilibrada, situándose muy por debajo del umbral máximo de 500 mg/L establecido por la normativa vigente. Con valores de 160.0 mg/L y 140.0 mg/L, el agua se clasifica como moderadamente dura, condición común y aceptable en aguas destinadas al consumo humano que no han sido sometidas a procesos de ablandamiento artificial. Esta característica garantiza que el recurso no genere incrustaciones excesivas en las tuberías ni en los accesorios del sistema de distribución, ni presente dificultades asociadas a la formación de espuma durante el uso doméstico.

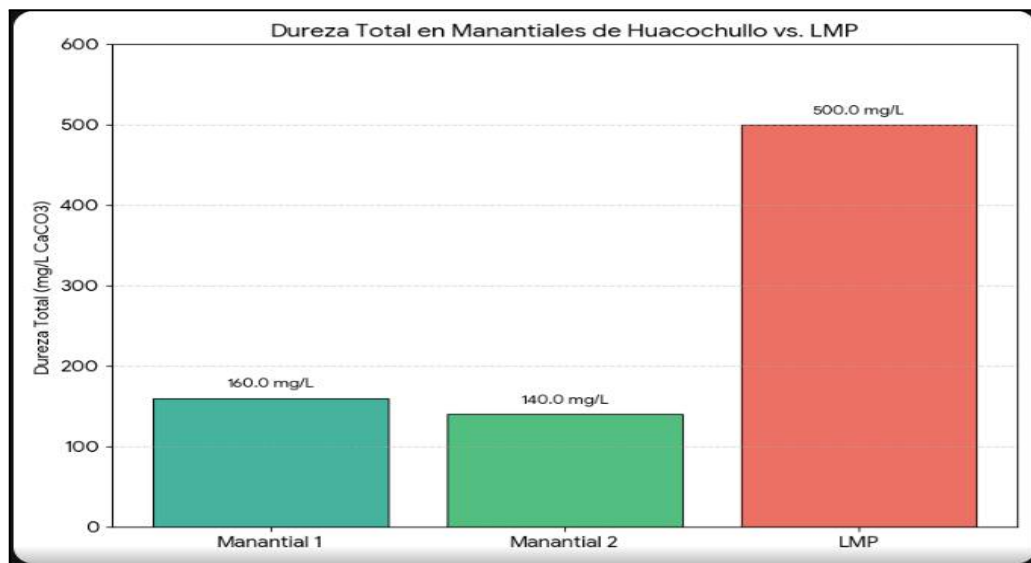


Figura 09: Valor medio de la Dureza Total del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo

Al analizar la dureza total en los manantiales 1 y 2 de Huacochullo, con valores de 160.0 mg/L y 140.0 mg/L respectivamente, se observa que ambos resultados se encuentran ampliamente por debajo del límite máximo de 500 mg/L establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. Estos valores guardan coherencia con lo reportado por Waldir (2024) en el

distrito de Acora, quien halló una dureza promedio de 145 mg/L en fuentes subterráneas de la zona alta de la región Puno. Asimismo, los resultados coinciden con lo expuesto por Mariño (2024) y Espinoza (2024), quienes señalan que las aguas de manantial en regiones andinas suelen presentar concentraciones moderadas de carbonatos, debido a la naturaleza litológica del acuífero, que no aporta una carga excesiva de calcio y magnesio. Por el contrario, estos resultados difieren de lo documentado por Antezana (2024) en la ciudad de Juliaca, donde la dureza alcanzó valores cercanos a 480 mg/L, aproximándose al límite permitido como consecuencia de la composición mineral del suelo y de la posible infiltración de contaminantes en zonas urbanas. A diferencia de dicho contexto, el agua de los manantiales de Huacochullo mantiene un adecuado equilibrio mineral, lo que no representa riesgos para la salud de la población ni para la infraestructura del sistema de distribución.

4.2.8. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Los resultados de sólidos totales disueltos en los manantiales del centro poblado de Huacochullo indican que el agua presenta una carga mineral baja, equivalente aproximadamente a una cuarta parte del valor máximo permitido por la normativa vigente. Esta reducida concentración de sólidos constituye un indicador favorable de la calidad del recurso hídrico, ya que garantiza una buena palatabilidad y la ausencia de sabores terrosos o salinos que suelen manifestarse cuando los valores se aproximan al límite de 1000 mg/L. La estabilidad observada entre ambas fuentes sugiere un origen hidrogeológico común, adecuadamente protegido frente a procesos de erosión superficial o escorrentías contaminadas.

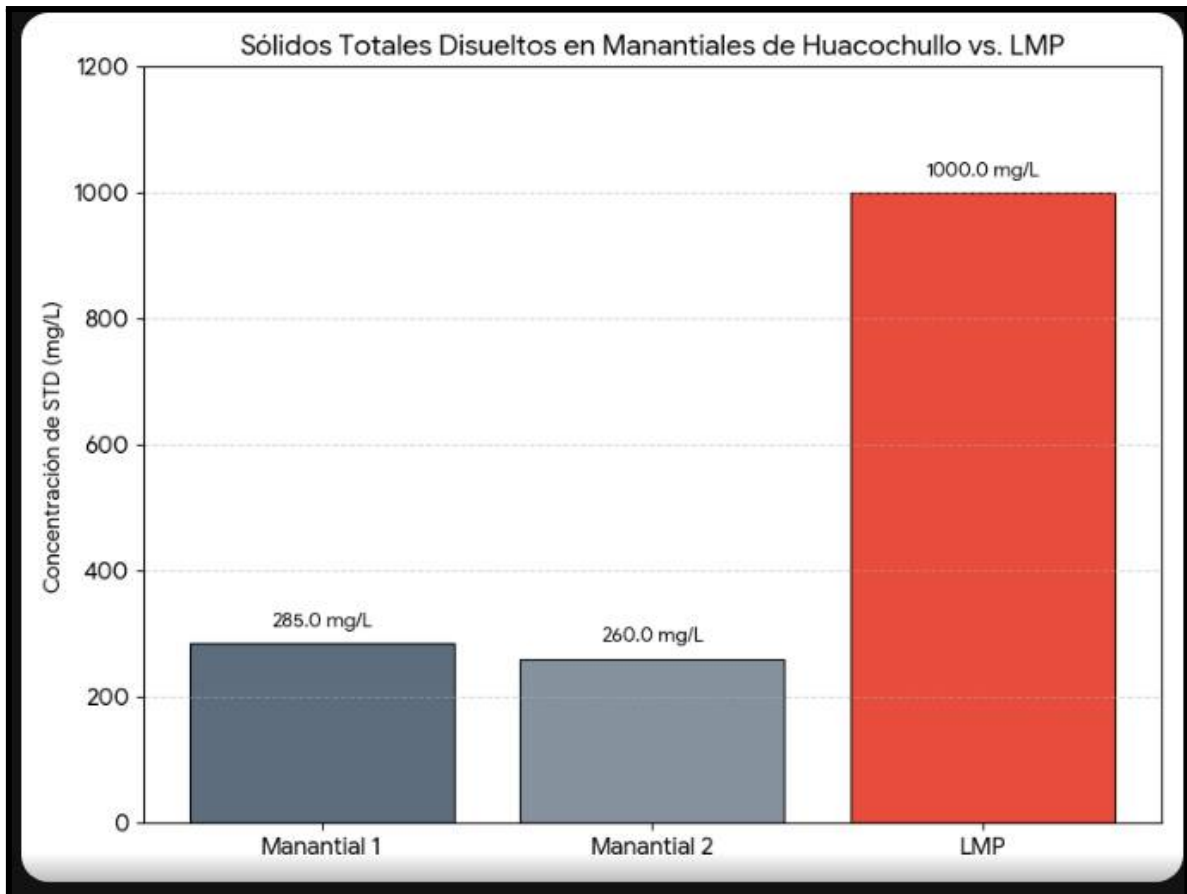


Figura 10: Valor medio de sólidos totales disueltos del agua de los manantiales de la del centro poblado de Huacochullo

Al analizar los sólidos totales disueltos en los manantiales 1 y 2 de Huacochullo, con valores de 285.0 mg/L y 260.0 mg/L respectivamente, se observa que ambos se encuentran ampliamente por debajo del límite máximo de 1000 mg/L establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Mengstie (2023) y Espinoza (2024), quienes señalan que las fuentes de agua subterránea no perturbadas suelen presentar niveles de mineralización bajos a moderados. Asimismo, los valores obtenidos guardan similitud con los hallazgos de Waldir (2024) en el distrito de Acora, quien indica que concentraciones de sólidos totales disueltos inferiores a 300 mg/L en la región Puno son indicativas de aguas con excelente palatabilidad y escasa influencia de procesos de evaporación o de contaminación superficial. Por el contrario, estos resultados difieren de lo documentado por Antezana (2024) en zonas con acuíferos comprometidos, donde los sólidos totales disueltos superaron los niveles recomendables

debido a la infiltración de residuos. A diferencia de dicho contexto, los manantiales de Huacochullo presentan una adecuada pureza iónica, lo que garantiza su aptitud para el consumo humano sin necesidad de aplicar tratamientos de desmineralización.

4.3. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE HUACOCULLO DISTRITO DE PICHACANI, PUNO - 2025, EN RELACIÓN A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP)

4.3.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TOTALES

Los resultados obtenidos para los parámetros microbiológicos en los manantiales Tolamarca y Soquesani evidencian una calidad higiénica óptima, al no registrarse la presencia de coliformes totales ni termotolerantes. El valor de cero unidades formadoras de colonias por cada 100 mL confirma que el agua cumple plenamente con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa sanitaria peruana vigente para el año 2025. Esta ausencia de bacterias indica que las fuentes de agua se encuentran adecuadamente protegidas frente a factores de contaminación externa, tales como excretas de animales, aguas residuales o materia orgánica en descomposición. En términos prácticos, el cumplimiento de este parámetro crítico garantiza que el agua captada en los manantiales de Tolamarca y Soquesani no representa un riesgo para la salud pública, consolidándose como fuentes hídricas seguras y de alta pureza biológica.

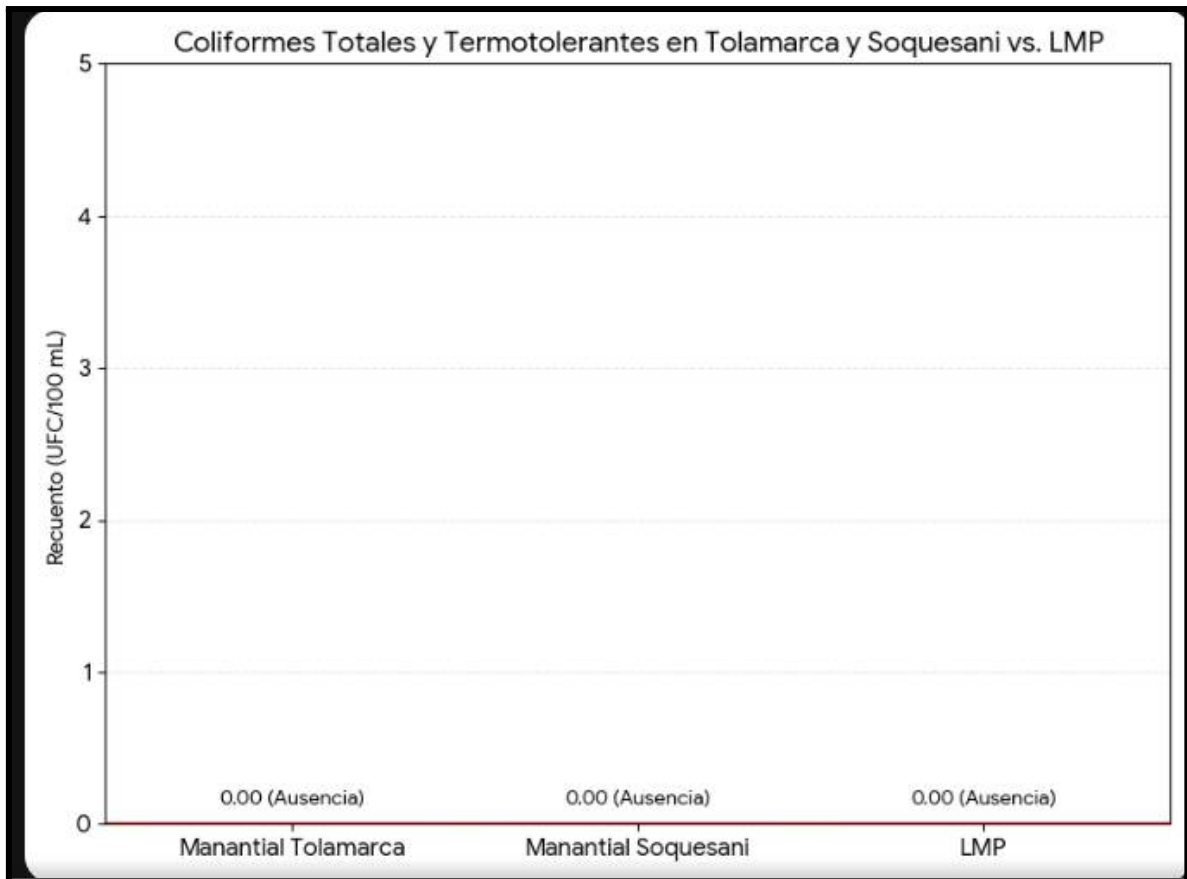


Figura 11: Concentración de coliformes totales en manantiales del centro poblado de Huacochullo

Al analizar la concentración de coliformes totales y termotolerantes en los manantiales Tolamarca y Soquesani, se determinó una ausencia total de bacterias en ambos puntos, cumpliendo estrictamente con el estándar de cero bacterias por cada 100 mL establecido por el D.S. N.° 031-2010-SA. Estos resultados guardan similitud con lo reportado por Ticona (2023) en acuíferos confinados bajo condiciones de clima árido, quien sostiene que la ausencia de indicadores bacteriológicos es señal de una protección hidrogeológica efectiva y de un nulo impacto antropogénico reciente. Asimismo, los hallazgos coinciden con lo planteado por Waldir (2024) en determinadas zonas altas del distrito de Ácora, donde la lejanía de actividades pecuarias contribuye a la conservación de la inocuidad de las fuentes subterráneas. Por el contrario, estos resultados difieren significativamente de lo documentado por Espinoza (2024) y Mariño (2024) en otras localidades del Perú, donde se evidenció contaminación fecal asociada a deficiencias en los sistemas de

captación. A diferencia de esos contextos críticos, los manantiales de Tolamarca y Soquesani presentan una calidad microbiológica excepcional, lo que indica que el agua es bacteriológicamente apta para el consumo humano en su estado natural.

4.3.2. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES

El análisis de coliformes termotolerantes en los manantiales del centro poblado de Huacochullo evidencia resultados óptimos, al confirmarse la ausencia total de estos microorganismos en las muestras provenientes de Tolamarca y Soquesani. El registro de cero unidades formadoras de colonias por cada 100 mL demuestra el cumplimiento de la exigencia más estricta establecida por la normativa sanitaria peruana, la cual no permite la presencia de bacterias de origen fecal. Este resultado es de suma relevancia, ya que garantiza que las fuentes de agua no han estado en contacto con excretas de animales ni con residuos humanos, eliminando el riesgo de transmisión de enfermedades gastrointestinales agudas. Asimismo, la consistencia de los resultados en ambos manantiales refuerza la evidencia de que la cuenca de captación se encuentra en un excelente estado de conservación natural, proporcionando un recurso hídrico seguro y de alta calidad sanitaria para la población beneficiaria.

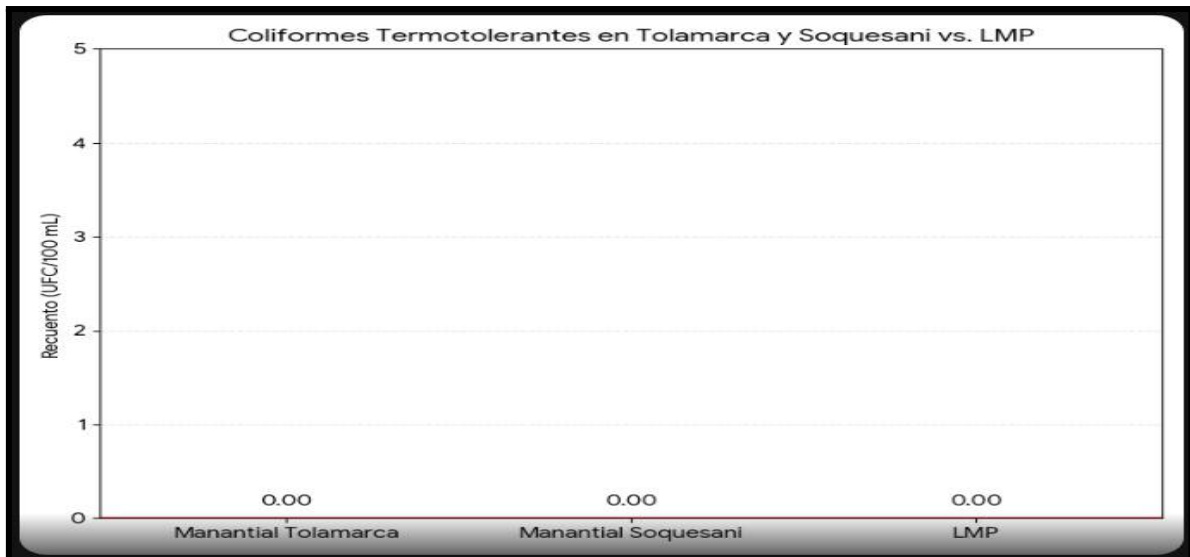


Figura 12: Concentración de coliformes termotolerantes del centro poblado de Huacochullo.

Al analizar la presencia de coliformes termotolerantes en los manantiales Tolamarca y Soquesani, con un registro de cero unidades formadoras de colonias por cada 100 mL, se confirma el cumplimiento estricto del criterio de ausencia establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. Este resultado guarda similitud con lo reportado por Ticona (2023), quien señala que la inexistencia de indicadores fecales en fuentes subterráneas es reflejo de una zona de recarga adecuadamente protegida y de procesos de filtración natural eficientes. Asimismo, esta condición coincide con los hallazgos de Waldir (2024) en comunidades altoandinas de baja densidad poblacional, lo que sugiere que la ubicación geográfica de estos manantiales limita la infiltración de lixiviados de origen animal o doméstico. Por otro lado, estos resultados difieren notablemente de lo reportado por Antezana (2024) en la ciudad de Juliaca y por Espinoza (2024) en Chota, donde se registró la presencia de bacterias termotolerantes, alcanzando valores de hasta 35 unidades formadoras de colonias por cada 100 mL, atribuida a la cercanía de pozos ciegos y a la actividad ganadera. A diferencia de dichos contextos, los manantiales evaluados evidencian una inocuidad microbiológica superior, consolidándose como fuentes aptas para el consumo humano directo sin riesgo biológico inmediato.

4.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.4.1. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis alterna (H_a):

La calidad del agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani, ubicados en el Centro Poblado de Huacochullo, distrito de Pichacani, departamento de Puno – 2025, no cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

Hipótesis nula (H_o):

La calidad del agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani, ubicados en el Centro Poblado de Huacochullo, distrito de Pichacani, departamento de Puno – 2025, cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

Resultados:

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a las muestras de agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani evidenciaron que los parámetros evaluados, tales como color, turbiedad, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno (pH), cloruros, sulfatos, dureza total, nitratos y sólidos totales disueltos, se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa sanitaria vigente. Asimismo, los análisis microbiológicos determinaron la ausencia total de coliformes totales y coliformes termotolerantes (0 UFC/100 mL) en todas las muestras analizadas.

4.4.2. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

Hipótesis alterna (H_a):

La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

Hipótesis nula (H_o):

La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de los manantiales

Tolamarca y Soquesani no excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA.

Resultados:

Los resultados obtenidos muestran que los valores de pH, conductividad eléctrica, turbiedad, cloruros, sulfatos, dureza total, nitratos y sólidos totales disueltos se mantienen dentro de los rangos permisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, evidenciando una adecuada calidad fisicoquímica del recurso hídrico.

4.4.3. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Hipótesis alterna (Ha):

La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA.

Hipótesis nula (Ho):

La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani no excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.° 031-2010-SA.

Resultados:

Los análisis microbiológicos realizados evidenciaron la ausencia total de coliformes totales y coliformes termotolerantes (0 UFC/100 mL) en las muestras de agua correspondientes a ambos manantiales, cumpliendo estrictamente con los criterios microbiológicos establecidos por la normativa sanitaria vigente.

4.4.4. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

Hipótesis alterna (Ha):

Existe diferencia significativa en la calidad del agua para consumo humano entre los manantiales Tolamarca y Soquesani del Centro Poblado de Huacochullo, distrito de Pichacani, departamento de Puno – 2025.

Hipótesis nula (Ho):

No existe diferencia significativa en la calidad del agua para consumo humano entre los manantiales Tolamarca y Soquesani del Centro Poblado de Huacochullo, distrito de Pichacani, departamento de Puno – 2025.

Resultados:

La comparación de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos para los manantiales Tolamarca y Soquesani muestra valores similares y homogéneos, todos dentro de los límites establecidos por el D.S. N.º 031-2010-SA, sin evidenciarse diferencias significativas que afecten la calidad del agua para consumo humano.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La calidad del agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani, ubicados en el Centro Poblado de Huacochullo (distrito de Pichacani), demuestra que ambos recursos hídricos son aptos para el consumo humano. Los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados evidencian que los parámetros medidos se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, normativa que regula la calidad del agua destinada a consumo poblacional. El cumplimiento integral de dichos estándares confirma que el agua de estos manantiales no representa riesgos para la salud y garantiza su idoneidad como fuente segura de abastecimiento para la comunidad.

SEGUNDA: Los análisis de laboratorio evidencian que las características sensoriales del agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani son plenamente adecuadas para el consumo humano. Los parámetros evaluados color, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, cloruros, sulfatos, dureza total y nitratos se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la normativa vigente, ambos manantiales mantienen una uniformidad organoléptica óptima, cumpliendo satisfactoriamente con los criterios de pH (neutralidad) y turbidez (claridad). Esta estabilidad asegura una apariencia y sabor agradables, además de garantizar condiciones idóneas para la eficacia de procesos de desinfección preventiva, consolidando su calidad como segura y apta para el consumo poblacional.

TERCERA: La evaluación de los parámetros químicos confirma que la calidad del agua en el Centro Poblado de Huacochullo es favorable. Tanto Tolamarca como Soquesani cumplen ampliamente con los límites establecidos para cloruros, sulfatos, dureza total y

nitratos. En relación al potencial de hidrógeno (pH), ambos manantiales registran valores dentro del rango normativo (6.5 – 8.5), lo que refleja una neutralidad óptima que asegura el equilibrio químico del recurso. Este comportamiento garantiza que el agua no presenta características corrosivas ni niveles de alcalinidad fuera de norma, consolidando su conformidad con los estándares de calidad química establecidos y reforzando su idoneidad para el consumo humano.

CUARTA: El análisis microbiológico de los parámetros Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes resulta altamente favorable, dado que ambos manantiales cumplen rigurosamente con los estándares de inocuidad establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA. La normativa fija un Límite Máximo Permisible (LMP) de 0 UFC/100 mL (ausencia), y los resultados obtenidos reportaron 0 UFC/100 mL en ambas fuentes. Este hallazgo confirma la ausencia de contaminación fecal reciente y garantiza que el agua está libre de patógenos bacterianos, asegurando su inocuidad y seguridad sanitaria para la población del Centro Poblado de Huacochullo.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Establecer programas de monitoreo preventivo y mantenimiento de las captaciones, dado que ambos manantiales presentan actualmente una calidad microbiológica óptima. Se recomienda proteger los perímetros de los manantiales Tolamarca y Soquesani con cercos para evitar el ingreso de ganado y asegurar la limpieza periódica de las estructuras, garantizando que el agua mantenga su condición de ausencia de coliformes y otros patógenos antes de su distribución a la población de Huacochullo.

SEGUNDA: Monitorear periódicamente los parámetros de calidad del agua de los manantiales Tolamarca y Soquesani, estableciendo un programa de vigilancia continua que incluya análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos. Esto permitirá detectar oportunamente cualquier variación en la turbidez, el pH o la aparición de microorganismos, asegurando así la sostenibilidad de la fuente y la salud de los pobladores del Centro Poblado de Huacochullo.

TERCERA: Priorizar el mantenimiento preventivo de los manantiales Tolamarca y Soquesani, asegurando la integridad de sus estructuras de captación para conservar su actual cumplimiento normativo. Se recomienda implementar acciones de protección específicas, como el sellado técnico de las cajas de captación y la limpieza de los canales de drenaje, con el fin de prevenir futuras desviaciones en el pH o la turbidez y blindar las fuentes ante posibles cargas microbiológicas externas.

CUARTA: Promover la protección de las zonas de recarga y captación de los manantiales Tolamarca y Soquesani, estableciendo medidas de conservación en su entorno inmediato para evitar actividades que generen contaminación, tales como la ganadería intensiva, el

vertimiento de residuos sólidos o el uso de agroquímicos. Asimismo, se recomienda fomentar prácticas de manejo sostenible entre la población de Huacochullo que reduzcan el riesgo de infiltración de contaminantes y aseguren la pureza del acuífero a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Arteaga, R. J. (2024). Evaluación de metales pesados en agua del Río Ramis Sector Crucero—San Antón y su interpretación en software.
- Antezana, R. N. V. (2024). Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica de Ingenierías*, 3(4). <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.8>
- Custodio, M. (2020). Human Risk from Exposure to Heavy Metals and Arsenic in Water from Rivers with Mining Influence in the Central Andes of Peru. *Water*, 12(7), 1946. <https://doi.org/10.3390/w12071946>
- Díaz Espinoza, H. M. (2024). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la comunidad de Colpa Pampa, Chota. Recuperado de <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/756>
- Plessis, A. (2022). Persistent degradation: Global water quality challenges and required actions. *One Earth*, 5, 129-131. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.01.005>
- Flores. (2024). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Recuperado 26 de diciembre de 2025, de <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- Flores. (2025). Groundwater Hydrology of Springs. Recuperado 26 de diciembre de 2025, de ScienceDirect website: <https://www.sciencedirect.com/book/edited-volume/9781856175029/groundwater-hydrology-of-springs>
- Grisel. (2024). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Recuperado 26 de diciembre de 2025, de <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- Gutierrez. (2024). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Recuperado 26 de diciembre de 2025, de <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- Hawassa. (2023). Standard Methods. Recuperado 26 de diciembre de 2025, de Standard

Methods for the Examination of Water and Wastewater website:
<https://www.standardmethods.org/>

Jimenez. (s. f.). ANA difundió resultados de la calidad del agua de 91 puntos identificados en Puno. Recuperado 26 de diciembre de 2025, de [https://www.gob.pe/institucion/ana/noticias/323432-ana-difundio-resultados-de-la-cal](https://www.gob.pe/institucion/ana/noticias/323432-ana-difundio-resultados-de-la-calidad)

Leguía Mariño, M. M. (2024). Gestión Administrativa y Compromiso Organizacional en la Municipalidad Distrital de Santa María de Chicmo, Andahuaylas, Apurímac, 2024. Recuperado de <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/895>

Lopez, F. (2023). sulfatos—Lenntech. Recuperado 13 de noviembre de 2025, de <https://www.lenntech.es/sulfatos.htm>

Magro, C., Urbanski, B. Q., y Nogueira, M. G. (2025). Microplastic contamination in the highly polluted Tietê River (São Paulo, Brazil): An unsustainable human-nature relationship. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197(4), 387. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-13829-6>

Mengstie, Y. A., Desta, W. M., y Alemayehu, E. (2023). Assessment of Drinking Water Quality in Urban Water Supply Systems: The Case of Hawassa City, Ethiopia. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2023, 8880601. <https://doi.org/10.1155/2023/8880601>

OECD. (2021). Water Governance in Peru. *OECD Studies on Water*. <https://doi.org/10.1787/568847b5-en>

Paredes, T., y Carlos, J. (2020). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Pomalca, distrito de Soritor—Moyobamba (Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial). Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial. Recuperado de <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/c9aafb9-7bb9-4e51-859e-334349f0aae5>

Pimentel. (2024). Análisis de interacciones de los ácidos húmicos con colorante azul brillante en solución acuosa | Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e

Ingenierías del ICBI. Recuperado 26 de diciembre de 2025, de
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/15792>

Thomson. (2025). (PDF) Assessment of water quality for irrigation purpose: A case study of three states in Nigeria. ResearchGate.
<https://doi.org/10.1007/s12665-025-12221-4>

Ticoná. (2023). Groundwater quality assessment for drinking and agricultural purposes under arid climate in N'Djamena, Chad (Central Africa). Recuperado 26 de diciembre de 2025, de
https://www.researchgate.net/publication/382035220_Groundwater_quality_assessment_for_drinking_and_agricultural_purposes_under_arid_climate_in_N_Djamena_Chad_Central_Africa

Waldir. (2024). Sistema integrado de gestión de historias clínicas y medicamentos para mejorar la calidad de atención a los pacientes en el Puesto de Salud Huayta Central de la provincia de Lampa—2017. Recuperado 26 de diciembre de 2025, de <https://repositorio.unap.edu.pe/items/f1773837-2fd0-4f16-a828-90b6cc66c425>

WHO. (2023). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Recuperado 26 de diciembre de 2025, de <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia: MATRIZ DE CONSISTENCIA: CALIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES DEL CENTRO POBLADO DE HUACOCULLO DISTRITO DE PICHACANI, PUNO - 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
General General -¿Cuál es la calidad del agua de manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025. Específicos -Determinar la concentración de los parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025 de acuerdo a los límites máximos permisibles? Específicos -¿Qué parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)? -¿Qué parámetros químicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)? -¿Qué parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025 exceden los límites máximos permisibles (LMP)?	General -Evaluar la calidad del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025. Específicos -Determinar la concentración de los parámetros organolépticos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN°031-2010-SA. -Determinar la concentración de los parámetros químicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN°031-2010-SA. -Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, en relación a los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.SN°031-2010-SA.	General -La calidad del agua de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, no cumple con todas las condiciones de los límites Máximos Permisibles destinados para consumo humano. Específicos -Algunos parámetros organolépticos del agua procedente de los manantiales del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. -Algunos parámetros químicos del agua procedente del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. -Algunos parámetros microbiológicos del agua procedente del centro poblado de Huacochullo distrito de Pichacani, Puno - 2025, no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.	Independiente Calidad del agua (D.S. N°031-2010-SA) <u>Dependiente</u> Mantantiales	Organoléptico Químico Microbiológico	Color Turbiedad Conductividad eléctrica (CE) Sólidos totales disueltos pH Cloruros Sulfatos Dureza Total Nitratos Coliformes totales Coliformes fecales termotolerante	Diseño: experimental Enfoque: Cuantitativo Población y Muestra: Dos manantiales de agua. Técnicas: Guía para la toma de muestras. Instrumentos: Normativa de LMP, D.S N°031-2010-SA y Análisis de Laboratorio.

Anexo 02: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S.
N°031-2010-SA.

MINISTERIO DE SALUD

No. 031-2010-SA



Decreto Supremo

Lima, de del

APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2° concordante con el artículo 7° de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa;

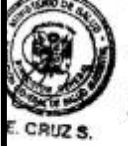
Que, el artículo 107° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento;

Que, la Décima Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, dispone que el Ministerio de Salud, continuará teniendo competencia en los aspectos de saneamiento ambiental, debiendo formular las políticas y dictar las normas de calidad sanitaria del agua y de protección del ambiente;

Que, mediante Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946, se aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", el cual se encuentra desactualizado y obsoleto en el contexto actual;

Que, resulta necesario establecer un nuevo marco normativo para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sustentado en un enfoque de análisis de riesgo, que proporcione a la Autoridad de Salud instrumentos de gestión modernos y eficaces para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano;






E. CRUZ S.

Olivera A.





De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 26842 – Ley General de Salud, y la Ley N° 29158 – Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°- Aprobación

Apruébese el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que consta de diez (10) títulos, ochenta y un (81) artículos, doce (12) disposiciones complementarias, transitorias y finales, y cinco (05) anexos, cuyos textos forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

El presente Decreto Supremo con el texto del Reglamento y sus anexos deberán ser publicados en el Portal Institucional del Ministerio de Salud (<http://www.minsa.gob.pe>) el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 2°- Derogación

A la entrada en vigencia del presente dispositivo legal, quedará derogada la Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946 que aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", así como toda aquella disposición que se le oponga.

Artículo 3°- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Salud y de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de septiembre del año dos mil diez.

W. Olivera A.



D. León C.



ALAN GARCIA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

OSCAR UGARTE UBILLUZ
Ministro de Salud

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Ministerio de Salud

**REGLAMENTO DE LA CALIDAD
DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

**Dirección General de Salud Ambiental
DIGESA**



2010

REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1°.- De la finalidad

El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

Artículo 2°.- Objeto

Con arreglo a la Ley N° 26842 - Ley General de Salud, el presente Reglamento tiene como objeto normar los siguientes aspectos:

1. La gestión de la calidad del agua;
2. La vigilancia sanitaria del agua;
3. El control y supervisión de la calidad del agua;
4. La fiscalización, las autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
5. Los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano; y,
6. La difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano.

Artículo 3°.- Ámbito de Aplicación

- 3.1 El presente Reglamento y las normas sanitarias complementarias que dicte el Ministerio de Salud son de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, que tenga responsabilidad de acuerdo a ley o participe o intervenga en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, control, supervisión o fiscalización del abastecimiento del agua para consumo humano, desde la fuente hasta su consumo;
- 3.2 No se encuentran comprendidas en el ámbito de aplicación del presente Reglamento:
 1. Las aguas minerales naturales reconocidas por la autoridad competente; y
 2. Las aguas que por sus características físicas y químicas, sean calificadas como productos medicinales.

Artículo 4°.- Mención a referencias

Cualquier mención en el presente Reglamento a:

- «Reglamento» se entenderá que está referida al presente Reglamento; y
- «Calidad del agua», debe entenderse que está referida a la frase «calidad del agua para consumo humano».

Artículo 5°.- Definiciones

Para efectos del presente reglamento, se debe considerar las siguientes definiciones:

1. Agua Cruda: Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento.
2. Agua Tratada: Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.
3. Agua de Consumo Humano: Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.
4. Camión Cisterna: Vehículo motorizado con tanque cisterna autorizado para transportar agua para consumo humano desde la estación de surtidores hasta el consumidor final.
5. Consumidor: Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo.

Cloro residual libre: Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.

Fiscalización Sanitaria: Atribución de la Autoridad de Salud para verificar, sancionar y establecer medidas de seguridad cuando el proveedor incumpla las disposiciones del



- presente Reglamento y las normas sanitarias de calidad del agua que la Autoridad de Salud emita.
8. Gestión de la calidad de agua de consumo humano: Conjunto de acciones técnico administrativas u operativas que tienen la finalidad de lograr que la calidad del agua para consumo de la población cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en el presente reglamento.
 9. Inocuidad: Que no hace daño a la salud humana.
 10. Límite Máximo Permissible: Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.
 11. Monitoreo: Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua.
 12. Organización comunal: Son Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento, Asociación, Comité u otra forma de organización, elegidas voluntariamente por la comunidad constituidas con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento.
 13. Parámetros microbiológicos: Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano.
 14. Parámetros organolépticos: Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial.
 15. Parámetros inorgánicos: Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua de consumo humano.
 16. Parámetros de Control Obligatorio (PCO): Son los parámetros que todo proveedor de agua debe realizar obligatoriamente al agua para consumo humano.
 17. Parámetros Adicionales de Control Obligatorio (PACO): Parámetros que de exceder los Límites Máximos Permisibles se incorporarán a la lista de parámetros de control obligatorio hasta que el proveedor demuestre que dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en un plazo que la Autoridad de Salud de la jurisdicción determine.
 18. Plan de Control de la Calidad (PCC) : Instrumento técnico a través del cual se establecen un conjunto de medidas necesarias para aplicar, asegurar y hacer cumplir la norma sanitaria a fin de proveer agua inocua, con el fin de proteger la salud de los consumidores.
 19. Programa de Adecuación Sanitaria (PAS): Es un instrumento técnico - legal aprobado por la Autoridad de Salud, que busca formalizar y facilitar la adecuación sanitaria a los proveedores de agua de consumo humano al presente Reglamento y a las normas sanitarias de calidad del agua que emita la autoridad competente, en donde se establecen objetivos, metas, indicadores, actividades, inversiones y otras obligaciones, que serán realizadas de acuerdo a un cronograma.
 20. Proveedor del servicio de agua para el Consumo Humano: Toda persona natural o jurídica bajo cualquier modalidad empresarial, junta administradora, organización vecinal, comunal u otra organización que provea agua para consumo humano. Así como proveedores del servicio en condiciones especiales.
 21. Proveedores de servicios en condiciones especiales: Son aquellos que se brindan a través de camiones cisterna, surtidores, reservorios móviles, conexiones provisionales. Se exceptúa la recolección individual directa de fuentes de agua como lluvia, río, manantial.
 22. Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano: Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua.
 23. Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control: Sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros que son importantes para la inocuidad del agua para consumo humano.
 24. Sistema de tratamiento de agua: Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano.
- Supervisión: Acción de evaluación periódica y sistemática para verificar el cumplimiento del presente reglamento y de aquellas normas sanitarias de calidad del agua que emita la Autoridad de Salud, así como los procesos administrativos y técnicos de competencia del



- proveedor de agua de consumo humano, a fin de aplicar correctivos administrativos o técnicos que permitan el cumplimiento normativo.
26. Surtidor: Punto de abastecimiento autorizado de agua para consumo humano que provee a camiones cisterna y otros sistemas de abastecimiento en condiciones especiales..

TÍTULO II

GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Artículo 6°.- Lineamientos de gestión

El presente Reglamento se enmarca dentro de la política nacional de salud y los principios establecidos en la Ley N° 26842 - Ley General de Salud. La gestión de la calidad del agua para consumo humano garantiza su inocuidad y se rige específicamente por los siguientes lineamientos:

1. Prevención de enfermedades transmitidas a través del consumo del agua de dudosa o mala calidad;
2. Aseguramiento de la aplicación de los requisitos sanitarios para garantizar la inocuidad del agua para consumo humano;
3. Desarrollo de acciones de promoción, educación y capacitación para asegurar que el abastecimiento, la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo, sean eficientes, eficaces y sostenibles;
4. Calidad del servicio mediante la adopción de métodos y procesos adecuados de tratamiento, distribución y almacenamiento del agua para consumo humano, a fin de garantizar la inocuidad del producto;
5. Responsabilidad solidaria por parte de los usuarios del recurso hídrico con respecto a la protección de la cuenca, fuente de abastecimiento del agua para consumo humano;
6. Control de la calidad del agua para consumo humano por parte del proveedor basado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control; y
7. Derecho a la información sobre la calidad del agua consumida.

Artículo 7°.- De la gestión de la calidad del agua de consumo humano

La gestión de la calidad del agua se desarrolla principalmente por las siguientes acciones:

1. Vigilancia sanitaria del agua para consumo humano;
2. Vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por el agua para consumo humano;
3. Control y supervisión de calidad del agua para consumo humano;
4. Fiscalización sanitaria del abastecimiento del agua para consumo humano;
5. Autorización, registros y aprobaciones sanitarias de los sistemas de abastecimiento del agua para consumo humano;
6. Promoción y educación en la calidad y el uso del agua para consumo humano; y
7. Otras que establezca la Autoridad de Salud de nivel nacional.

Artículo 8°.- Entidades de la gestión de la calidad del agua de consumo humano

Las entidades que son responsables y/o participan en la gestión para asegurar la calidad del agua para consumo humano en lo que le corresponde de acuerdo a su competencia, en todo el país son las siguientes:

1. Ministerio de Salud;
 2. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento;
 3. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento;
 4. Gobiernos Regionales;
 5. Gobiernos Locales Provinciales y Distritales;
 6. Proveedores del agua para consumo humano; y
- Organizaciones comunales y civiles representantes de los consumidores.



TÍTULO III
DE LA AUTORIDAD COMPETENTE PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
PARA CONSUMO HUMANO

Artículo 9°.- Ministerio de Salud

La Autoridad de Salud del nivel nacional para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, es el Ministerio de Salud, y la ejerce a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA); en tanto, que la autoridad a nivel regional son las Direcciones Regionales de Salud (DIRESA) o Gerencias Regionales de Salud (GRS) o la que haga sus veces en el ámbito regional, y las Direcciones de Salud (DISA) en el caso de Lima, según corresponda. Sus competencias son las siguientes:

DIGESA:

Establece la política nacional de calidad del agua que comprende las siguientes funciones:

1. Diseñar la política nacional de calidad del agua para consumo humano;
2. Normar la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano;
3. Normar los procedimientos técnicos administrativos para la autorización sanitaria de los sistemas de tratamiento del agua para consumo humano previsto en el Reglamento;
4. Elaborar las guías y protocolos para el monitoreo y análisis de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano;
5. Normar los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano;
6. Normar el procedimiento para la declaración de emergencia sanitaria por las Direcciones Regionales de Salud respecto de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
7. Supervisar el cumplimiento de las normas señaladas en el presente Reglamento en los programas de vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en las regiones;
8. Otorgar autorización sanitaria a los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano de acuerdo a lo señalado en la décima disposición complementaria, transitoria y final del presente reglamento; el proceso de la autorización será realizado luego que el expediente técnico sea aprobado por el ente sectorial o regional competente antes de su construcción;
9. Normar los registros señalados en el presente Reglamento y administrar aquellos que establece el artículo 35°, 36° y 38° del presente Reglamento;
10. Normar el plan de control de calidad del agua a cargo del proveedor, para su respectiva aprobación por la autoridad de salud de la jurisdicción correspondiente;
11. Consolidar y publicar la información de la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano en el país;
12. Realizar estudios de investigación del riesgo de daño a la salud por agua para consumo humano en coordinación con la Dirección General de Epidemiología;
13. Si como resultado de la vigilancia epidemiológica se identifica que alguno de los parámetros a pesar que cumple con el valor establecido en el presente reglamento significa un factor de riesgo al existir otras fuentes de exposición, la Autoridad de Salud podrá exigir valores menores; y
14. Otras responsabilidades establecidas en el presente Reglamento.

DIRESA, GRS o DISA:

1. Vigilar la calidad del agua en su jurisdicción;
 2. Elaborar y aprobar los planes operativos anuales de las actividades del programa de vigilancia de la calidad del agua en el ámbito de su competencia y en el marco de la política nacional de Salud establecida por el MINSA - DIGESA;
 3. Fiscalizar el cumplimiento de las normas señaladas en el presente Reglamento en su jurisdicción y de ser el caso aplicar las sanciones que correspondan;
- Otorgar y administrar los registros señalados en el presente Reglamento, sobre los sistemas de abastecimiento del agua para consumo humano en su jurisdicción; Consolidar y reportar la información de vigilancia a entidades del gobierno nacional, regional y local;



6. Otorgar registro de las fuentes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
7. Aprobar el plan de control de calidad del agua;
8. Declarar la emergencia sanitaria el sistema de abastecimiento del agua para consumo humano cuando se requiera prevenir y controlar todo riesgo a la salud, en sujeción a las normas establecidas por la autoridad de salud de nivel nacional;
9. Establecer las medidas preventivas, correctivas y de seguridad, ésta última señalada en el artículo 130° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, a fin de evitar que las operaciones y procesos empleados en el sistema de abastecimiento de agua generen riesgos a la salud de los consumidores; y
10. Otras responsabilidades establecidas en el presente Reglamento.

Artículo 10°.- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en sujeción a sus competencias de ley está facultado para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, a:

1. Prever en las normas de su sector la aplicación de las disposiciones y de los requisitos sanitarios establecidos en el presente Reglamento;
2. Establecer en los planes, programas y proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano la aplicación de las normas sanitarias señalados en el presente Reglamento;
3. Disponer las medidas que sean necesarias en su sector, a consecuencia de la declaratoria de emergencia sanitaria del abastecimiento del agua por parte de la autoridad de salud de la jurisdicción, para revertir las causas que la generaron; y
4. Generar las condiciones necesarias para el acceso a los servicios de agua en niveles de calidad y sostenibilidad en su prestación, en concordancia a las disposiciones sanitarias, en especial de los sectores de menores recursos económicos.

Artículo 11°.- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) está facultada para la gestión de la calidad del agua para consumo, en sujeción a sus competencias de ley, que se detallan a continuación:

1. Formular o adecuar las directivas, herramientas e instrumentos de supervisión de su competencia a las normas sanitarias establecidas en este Reglamento para su aplicación por los proveedores de su ámbito de competencia;
2. Supervisar el cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento en el servicio de agua para consumo humano de su competencia; y
3. Informar a la autoridad de salud de su jurisdicción, los incumplimientos en los que incurran los proveedores de su ámbito de competencia, a los requisitos de calidad sanitaria de agua normados en el presente reglamento.

Artículo 12°.- Gobiernos Locales Provinciales y Distritales

Los gobiernos locales provinciales y distritales están facultados para la gestión de la calidad del agua para consumo humano en sujeción a sus competencias de ley, que se detallan a continuación:

1. Velar por la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
2. Supervisar el cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento en los servicios de agua para consumo humano de su competencia;
3. Informar a la autoridad de salud de la jurisdicción y tomar las medidas que la ley les faculta cuando los proveedores de su ámbito de competencia no estén cumpliendo los requisitos de calidad sanitaria normados en el presente Reglamento; y
4. Cooperar con los proveedores del ámbito de su competencia la implementación de las disposiciones sanitarias normadas en el presente Reglamento.

Lo señalado en los numerales 2 y 3 del presente artículo es aplicable para los gobiernos locales provinciales en el ámbito urbano y periurbano; y por los gobiernos locales distritales en el ámbito rural. Cuando se trate de entidades prestadoras de régimen privado el Gobierno local deberá comunicar a la SUNASS para la acción de ley que corresponda.



TÍTULO IV VIGILANCIA SANITARIA

Artículo 13°.- Vigilancia Sanitaria

La vigilancia sanitaria del agua para consumo humano es una atribución de la Autoridad de Salud, que se define y rige como:

1. La sistematización de un conjunto de actividades realizadas por la Autoridad de Salud, para identificar y evaluar factores de riesgo que se presentan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, desde la captación hasta la entrega del producto al consumidor, con la finalidad de proteger la salud de los consumidores en cumplimiento de los requisitos normados en este Reglamento;
2. Un sistema conducido por la Autoridad de Salud, el cual está conformado por consumidores, proveedores, instituciones de salud y de supervisión de ámbito local, regional y nacional; y
3. El establecimiento de prioridades y de estrategias para la prevención o eliminación de los factores de riesgo en el abastecimiento del agua, que la Autoridad de Salud establezca para el cumplimiento por el proveedor.

Artículo 14°.- Programa de vigilancia

La DIGESA y las Direcciones de Salud o las Direcciones Regionales de Salud o las Gerencias Regionales de Salud en todo el país, administran el programa de vigilancia sanitaria del abastecimiento del agua, concordante a sus competencias y con arreglo al presente Reglamento. Las acciones del programa de vigilancia se organizan de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Registro.- Identificación de los proveedores y caracterización de los sistemas de abastecimiento de agua;
2. Ámbito.- Definición de las zonas de la actividad básica del programa de vigilancia, distinguiendo el ámbito de residencia: urbano, peri urbano y rural, a fin de determinar la zona de trabajo en áreas geográficas homogéneas en cuanto a tipo de suministro, fuente y administración del sistema de abastecimiento del agua;
3. Autorización sanitaria.- Permiso que otorga la autoridad de salud que verifica los procesos de potabilización el agua para consumo humano, garantizando la remoción de sustancias o elementos contaminantes para la protección de la salud;
4. Monitoreo.- Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua;
5. Calidad del agua.- Determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano establecidos en el presente Reglamento; y
6. Desarrollo de Indicadores.- Procesamiento y análisis de los resultados de los monitoreos de la calidad del agua, del sistema de abastecimiento y del impacto en la morbilidad de las enfermedades de origen o vinculación al consumo del agua.

Artículo 15°.- Sistema de información

La DIGESA norma, organiza y administra el Sistema Nacional de Información de la Vigilancia Sanitaria del Agua para Consumo Humano, a través de la estructura orgánica de las DIRESAs, GRSs, DISAs, Gobiernos Locales, Proveedores, Organismos de supervisión y Consumidores.

Artículo 16°.- Difusión de información

La DIGESA consolida la información nacional referente a la calidad del agua, así como las autorizaciones y registros normados en este Reglamento, publicándose y distribuyéndose periódicamente. La DISA o DIRESA o GRS, según corresponda, consolidará la información de su jurisdicción, para lo cual se ajustará a las directivas que sobre la materia la DIGESA emita.

Artículo 17°.- Vigilancia epidemiológica

La Dirección General de Epidemiología (DGE) del Ministerio de Salud es responsable de la organización y coordinación de la vigilancia epidemiológica de las enfermedades vinculadas al consumo del agua y le corresponde:



ANEXO I
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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



ANEXO II

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L^{-1}	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{2-} \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. 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 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	mg L ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mg L ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mg L ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mg L ⁻¹	0,010
6. Aldrin y dieldrin	mg L ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mg L ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mg L ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mg L ⁻¹	0,001
10. Endrin	mg L ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mg L ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mg L ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mg L ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mg L ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mg L ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mg L ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mg L ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mg L ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mg L ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mg L ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mg L ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mg L ⁻¹	0,04



Anexo 03: Manual ASTM D 4448:2001MJ

Lineamientos generales para el muestreo de agua subterránea en pozos de monitoreo

Objetivo: describir las operaciones generales a llevar a cabo antes y durante la toma de muestras de agua subterránea en pozos de monitoreo.

Referencias

Los siguientes lineamientos han sido elaborados sobre la base de los documentos que se citan a continuación:

- ASTM D 4448/01(2013) - Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells
- US EPA SESD PROC-301-R3 Groundwater sampling

-Consideraciones generales

Debido a su fundamental importancia con el objeto de obtener una muestra representativa de las condiciones actuales del acuífero, el procedimiento de muestreo debe ser llevado a cabo por personal capacitado para tal fin, asegurando además, la utilización de dispositivos y materiales adecuados y acondicionados en función de los parámetros a analizar.

- Operaciones iniciales

Como punto de partida se verificará el estado y protecciones del pozo, tomando registro de cualquier anomalía y/o daño observado. A continuación y previo al inicio de las operaciones de purga y extracción de muestras de agua subterránea, deberá constatarse la posible presencia de fase libre no acuosa (FLNA) mediante la utilización de una sonda de interfase; en caso de hallarse no podrá realizarse la toma de muestra de agua y deberá medirse y registrarse la profundidad del nivel freático, y la profundidad y espesor aparente de la Fase Libre No Acuosa (FLNA). Posteriormente, se muestreará la FLNA con bailer descartable o acondicionado para tal fin. El producto colectado será derivado para su análisis tendiente a determinar el corte (GRO/DRO) presente.

-Etapas de purgado

Como etapa previa a la toma de muestra de agua subterránea el pozo debe ser purgado. La operación de purga es un proceso que consiste en la remoción de un cierto volumen de agua del pozo, el cual es reemplazado por una porción de la zona adyacente que es representativa de las características actuales del acuífero. Existen diferentes tipos de métodos de purga; más adelante se describen los más convencionales: método de remoción de un volumen determinado y método de bajo flujo.

Independientemente del tipo de procedimiento a aplicar, es recomendable y deseable practicar la operación de purga de manera de no introducir alteraciones al sistema subterráneo que promuevan, entre otros efectos, la incorporación de material particulado y pérdida de componentes orgánicos volátiles.

-Purgado del pozo: remoción de un volumen determinado

Se considera que el agua ubicada por encima de la zona de filtros tiene un escaso recambio y por consiguiente no posee las características generales del acuífero. Este método de purga consiste en la remoción de un volumen de agua determinado para producir un recambio del agua estancada en el mismo. En general se considera que el pozo está en condiciones de ser muestreado cuando se han removido entre 3 a 5 volúmenes de la columna de agua, lo que puede ser constatado a través de la estabilidad de parámetros físico-químicos tales como pH, conductividad y turbiedad del agua removida. Dicha estabilidad se alcanzará cuando al menos tres lecturas consecutivas muestren variaciones cercanas a: pH $\pm 0,1$, $\pm 3\%$ conductividad y $\pm 10\%$ para turbiedad.

Si luego de remover tres volúmenes de agua los parámetros químicos no se han estabilizado de acuerdo a los criterios arriba expuestos, se deberán remover volúmenes adicionales. Si los parámetros no se han estabilizado dentro de los cinco volúmenes queda a criterio del profesional encargado del muestreo el continuar con el proceso de purgado o comenzar con la etapa de toma de muestras.

Para el cálculo inicial del volumen de la columna de agua presente se necesitará realizar la medición del nivel de agua y conocer parámetros de construcción del pozo tales como diámetro y profundidad

$$V = \pi h d^2 / 4$$

h: nivel de agua

d: diámetro del pozo

V: Volumen de la columna de agua.

A partir de este cálculo podrá estimarse el volumen de agua a remover.

Para pozos de recuperación lenta, se debería evitar purgarlos a sequedad. Esto puede lograrse disminuyendo la velocidad de purga. En algunas situaciones, incluso con baja velocidades de purga, un pozo puede ser bombeado a sequedad. En estas situaciones, esto generalmente constituye una purga adecuada, y el pozo puede ser muestreado cuando ha alcanzado una recuperación suficiente. En este caso por consiguiente no es necesario efectuar la remoción de los tres volúmenes de agua.

-Purgado a bajo flujo ("low flow purging")

Un método alternativo de purga es el método a bajo flujo, el cual está basado en investigaciones que sugieren que velocidades de purga menores a 1 l/min proveen resultados analíticos más reproducibles para análisis de compuestos orgánicos volátiles (VOC's) y metales, que aquellos obtenidos con velocidades de purga altas. El enfoque de muestreo de pozos a bajo flujo se aplica fundamentalmente a pozos que pueden mantener un rendimiento aproximadamente igual a la velocidad de purga.

Tanto la operación de purga como la toma de muestra se realizan a muy bajo caudal de manera de minimizar la perturbación al sistema subterráneo. Utilizando datos específicos de construcción del pozo se determina la profundidad en la que se ubicará la bomba (en general en la porción media zona de filtros). El purgado adecuado se alcanza cuando los parámetros físico-químicos mencionados más arriba se han estabilizado. Los flujos de bombeo generalmente utilizados se encuentran entre (0.1-0.5 ml/min pudiendo llegar a 1l/min). Al inicio del purgado se comienza con velocidades de bombeo aproximadamente de 0.1 l/min, para ir incrementando hacia un valor tal que no cause una depresión del nivel superior a 10 cm. Una vez que el nivel de agua se ha estabilizado y mantenido, se comienza a monitorear los parámetros de campo tales como pH, conductividad, turbiedad, etc. Alcanzada la estabilidad de los mismos se comienza la etapa de muestreo.

(Procedimiento aplicable para pozos de diámetro interno de 25mm o más y de longitud de filtro de 3 m ó menos)

-Equipamiento para la purga

Independientemente del método de purga seleccionado, el equipamiento a utilizar para realizar dicha operación deberá estar construido o revestido con materiales inertes a fin de evitar cualquier contaminación proveniente de los mismos, y será descontaminado y/o acondicionado previo a su uso. Los materiales recomendados son acero inoxidable o teflón.

En cuanto a los flujos de bombeo, como se mencionó anteriormente para el método Low flow se opera a caudales muy restringidos (0.1-0.5 l/min), por lo tanto se deberá disponer de bombas que permitan trabajar a dichos caudales.

-Toma de muestra de agua subterránea

Las muestras serán colectadas de forma tal de causar la menor agitación y perturbación posible al sistema subterráneo. El orden de recolección de muestras será de aquellas destinadas al análisis de analitos más volátiles a menos volátiles.

Cuando se utilice bailer, este será descendido y recuperado en forma lenta, utilizando una soga descartable.

Cuando se aplica el método de bajo caudal, la recolección se realiza directamente de la salida de la tubería del equipo de bombeo.

Como consideraciones generales, las muestras deberían ser transferidas directamente del dispositivo de muestreo al envase acondicionado para tal fin de acuerdo a el/los parámetro/s a investigar.

Las muestras destinadas al análisis de compuestos orgánicos volátiles serán colectadas en primer lugar en viales de vidrio de 40ml provistos con septa y sin dejar en su interior cámara de aire (debe observarse ausencia de burbujas cuando el vial ya cerrado se invierte sobre la palma de la mano, caso contrario recolectar nuevamente la muestra). El caudal para la toma de muestra de VOC's será lo suficientemente bajo para minimizar cualquier efecto de agitación de la muestra. (en general aproximadamente 0.1ml/min)

Anexo 04: Panel fotográfico



Figura 13: Toma de muestras del punto de captación del manantial de Huacochullo.



Figura 14: Toma de la última muestra de los manantiales de Huacochullo.



Figura 15: Toma de muestras del punto de captación manantial de Huacochullo



Figura 16: Conservación de las muestras tomadas del manantial de Huacochullo.



Figura 17: Conservación de las muestras tomadas del manantial de Huacochullo.



Figura 18: Muestras tomadas para el análisis de los parámetros microbiológicos al laboratorio.

Anexo 05: Resultado de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos del centro poblado de Huacochullo



MQA LABS
MEGALABORATORIOS QUÍMICOS
DE LOS ANDES S.A.C

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

INFORME DE ENSAYO 0255/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : MANANTIALES DE HUACOCHULLO
INTERESADO : JHONSON DARWIN AGUILAR MACHACA
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO,
FECHA DE MUESTREO : 24/12/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 24/12/2025.

COORDENADAS:	LONGITUD	LATITUD
M1 - TOLAMARCA	16.07606899	69.62400644
M2 - SOQUESANI	16.0756331	69.62493315

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	TOLAMARCA	SOQUESANI	METODOLOGÍA
Color	UC	10	8	Colorimétrica
Turbiedad	UNT	3	2	Nefelométrica
Conductividad (CE)	µS/cm	650	620	Conductimétrica
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	400	380	Gravimétrica
pH	UP	7.2	7.0	Potenciométrica
Cloruros	mg/L	150	130	Titulométrica
Sulfatos	mg/L	180	160	Turbidimétrica
Dureza Total	mg/L	200	180	Titulométrica

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	8.5	9.0	Espectrofotometría UV
Fósforo Total	mg/L	0.05	1.45	Digestión + Espectrofotometría
DBO ₅	mg/L	110.0	255.0	Incubación 3 días
DOO	mg/L	265.0	625.0	Dicromato cerrado

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	0	0	NMP (APHA 9221 B – Espectriación múltiple en tubos)
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	0	0	NMP – Incubación a 44.5°C

➤ La muestra se recepciona en el laboratorio.



JUAN CARLOS
Cursante Juan Carlos
BOQUETE ALBA
ANALISTA DE HUACOCHULLO



GENOVE
ANALISTA Genove
BUC 2975/20141

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgole - Puno
Cel. 972296546 – 983003185

Figura 19: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del centro poblado de Huacochullo