

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES EN EL DISTRITO DE VILQUE PUNO

- 2025

PRESENTADA POR:

ANIBAL CASTILLO VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



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



18.91%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 4 JAN 2026, 6:25 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
3.59%

● CHANGED TEXT
15.32%

Report #30873651

ANIBAL CASTILLO VILCA // CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES EN EL DISTRITO DE VILQUE PUNO - 2025 RESUMEN El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, principales fuentes de abastecimiento del distrito de Vilque, Puno, verificando su cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM; 6 para ello se aplicó una metodología de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental de corte transversal, con muestreo puntual bajo protocolos estandarizados para el análisis de indicadores fisicoquímicos y microbiológicos; los resultados evidenciaron una calidad física y química óptima en ambas fuentes, con turbiedad de 0.08 NTU, baja mineralización (conductividad < 186 µS/cm), concentraciones de aniones muy por debajo de los límites máximos permitidos y un pH entre 6.1 y 6.5 unidades, mientras que en el aspecto microbiológico el manantial Pichincota 1 presenta ausencia total de bacterias (0.00 UFC/100 mL) y el Pichincota 2 registró trazas mínimas de coliformes termotolerantes (0.10 UFC/100 mL); se concluye que el recurso hídrico analizado es apto para el consumo humano según la normativa nacional vigente, aunque se identificó una ligera vulnerabilidad sanitaria en la segunda fuente, recomendando la implementación de sistemas de desinfección preventiva para garantizar la inocuidad del suministro. 18 Palabras clave: Calidad del agua, manantiales,

Yudy Roxana ALANIA LAQUI

Oficina de Repositorio Institucional

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

CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES EN EL DISTRITO DE VILQUE PUNO

- 2025

PRESENTADA POR:

ANIBAL CASTILLO VILCA


PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:


PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


Dra. CELIA VERENISSE ORTIZ DE ORUE ROJAS

SEGUNDO MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental.

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 08 de enero del 2026.

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, pilares fundamentales de mi vida. Con su amor incondicional, sacrificio y sabios consejos sembraron en mí el deseo de superación y me enseñaron que la perseverancia es la clave del éxito. Este logro no es solo mío, sino fruto de su esfuerzo y de todo lo que han invertido en mí.

A mis padres, por ser mi refugio y mi mayor motivación en los momentos difíciles; gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Especialmente a mis padres, cuya guía y apoyo constante han forjado mi carácter y han hecho posible la culminación de esta etapa profesional. Gracias por enseñarme el valor de la educación y por impulsarme siempre a alcanzar mis sueños.

A mis padres y hermanos, por su paciencia infinita y su aliento durante las largas noches de estudio. Ustedes han sido mi soporte moral y emocional en este camino. Este título es un humilde homenaje a su entrega y dedicación, un símbolo de mi eterna gratitud. Cada paso que doy lleva la huella de su cariño y ejemplo.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos, mi alma mater, por haberme acogido y haber sido el escenario de mi crecimiento profesional. De igual forma.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por dotarme de las competencias y principios éticos necesarios para culminar esta etapa académica.

A mis catedráticos, extendiendo mi gratitud por su inagotable vocación de servicio; sus enseñanzas y motivación han sido decisivas para superar cada reto académico.

Hago una mención especial al Ing. MG. Julio Wilfredo Cano Ojeda, quien, en su calidad de asesor, dirigió esta investigación con rigurosidad y excelencia. Sus acertadas observaciones y su constante orientación fueron determinantes para la materialización de este proyecto.

Finalmente, agradezco a los distinguidos miembros del jurado, cuyo tiempo y valiosa retroalimentación elevaron la calidad de este estudio, aportando una visión crítica que enriquece mi perfil profesional.

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	17
1.1.2. PROBLEMAS ESPÈCIFICOS	17
1.2. ANTECEDENTES	17
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	17
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	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	21
2.1.1. MANANTIALES	21
	3

2.1.2. CALIDAD DE AGUA	21
2.1.3. AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO	21
2.1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	22
2.1.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA POTABLE	26
2.2. MARCO CONCEPTUAL	27
2.3. MARCO NORMATIVO	28
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	29
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	29
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	29
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	30
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	31
3.2.1. MUESTRA	31
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	32
3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA	33
3.3.2. MÉTODOS DE LABORATORIO	34
3.3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL LABORATORIO	34
3.3.4. MATERIALES	35
3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO.	35
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	37
CAPÍTULO IV	
EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES EN EL DISTRITO DE VILQUE - PUNO - 2025 BAJO EL D.S. 004 – 2017 MINAM	39
4.1.1. CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DEL DISTRITO DE VILQUE - PUNO -	

2025, DE ACUERDO AL D.S. 004 – 2017 MINAM.	39
4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS MANANTIALES DEL DISTRITO DE VILQUE - PUNO - 2025	44
4.2.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLOR	44
4.2.2 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO TURBIEDAD	46
4.2.3. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	48
4.2.4 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO PH	50
4.2.5. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CLORUROS	52
4.2.6. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SULFATOS	54
4.2.7. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DUREZA TOTAL	55
4.2.8. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	56
4.3. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DEL DISTRITO DE VILQUE - PUNO - 2025	58
4.3.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TOTALES	58
4.3.2 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES	60
4.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS	62
4.4.1. CONTRASTE DE HIPÓTESIS GENERAL	62
4.4.2. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	63
4.4.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	63
4.4.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	64
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXO	73

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 1 Subcategoría A1 para potabilizar el agua.	26
Tabla 02: Puntos de monitoreo	30
Tabla 03: Coordenadas para las muestras de agua	32
Tabla 04: Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua potable	34
Tabla 05: Operacionalización de variables de la investigación	37
Tabla 06: Concentración de los parámetros fisicoquímicos por repetición y media de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2.	40
Tabla 07: Concentración de los parámetros microbiológicos por repetición y media de los Manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2.	41
Tabla 08: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Pichincota 1 con los ECA del D.S. 004-2017-MINAM.	42
Tabla 09: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Pichincota 2 con los ECA del D.S. 004-2017-MINAM.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Localización de la zona objeto de análisis	31
Figura 02: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.	32
Figura 03: Valor del color del agua de los manantiales del distrito de Vilque.	45
Figura 04: Valor de la turbiedad del agua de los manantiales del distrito de Vilque.	47
Figura 05: Valor de conductividad del agua de los manantiales del distrito de Vilque.	49
Figura 06: Valor del pH del agua de los Manantiales del distrito de Vilque.	51
Figura 07: Valor de Cloruros del agua de los manantiales del distrito de Vilque.	53
Figura 08: Concentración de sulfatos del distrito de Vilque.	54
Figura 09: Valor de la Dureza Total del agua de los manantiales del distrito de Vilque.	56
Figura 10: Valor de sólidos totales disueltos del agua de los manantiales del distrito de Vilque.	57
Figura 11: Concentración de coliformes totales en manantiales del distrito de Vilque.	59
Figura 12: Concentración de coliformes termotolerantes de los manantiales del distrito de Vilque.	61
Figura 13: Toma de muestras del punto de captación del manantial del distrito de Vilque.	89
Figura 14: Toma de la última muestra de los manantiales del distrito de Vilque.	89
Figura 15: Toma de muestras del punto de captación manantial del distrito de Vilque.	90
Figura 16: Conservación de las muestras tomadas del manantial del distrito de Vilque.	90
Figura 17: Conservación de las muestras tomadas del manantial del distrito de Vilque.	91
Figura 18: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del centro poblado de Tajquina.	92
Figura 19: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del distrito de Vilque.	93
Figura 20: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del distrito de Vilque.	94

- Figura 21:** Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del manantial del distrito de Vilque. 95
- Figura 22:** Certificado de análisis de los parámetros microbiológicos de las muestras de del distrito de Vilque. 96
- Figura 23:** Certificado de análisis de los parámetros Microbiológicos de las muestras del distrito de Vilque. 97

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia: MATRIZ DE CONSISTENCIA: CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES EN EL DISTRITO DE VILQUE PUNO - 2025	74
Anexo 02: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. 004-2017-MINAM.	75
Anexo 03: Manual ASTM D 4448:2001MJ	87
Anexo 04: Panel fotográfico	89
Anexo 05: Resultado de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos del centro poblado del distrito de Vilque.	92

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, principales fuentes de abastecimiento del distrito de Vilque, Puno, verificando su cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM; para ello se aplicó una metodología de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental de corte transversal, con muestreo puntual bajo protocolos estandarizados para el análisis de indicadores fisicoquímicos y microbiológicos; los resultados evidenciaron una calidad física y química óptima en ambas fuentes, con turbiedad de 0.08 NTU, baja mineralización (conductividad < 186 $\mu\text{S}/\text{cm}$), concentraciones de aniones muy por debajo de los límites máximos permitidos y un pH entre 6.1 y 6.5 unidades, mientras que en el aspecto microbiológico el manantial Pichincota 1 presenta ausencia total de bacterias (0.00 UFC/100 mL) y el Pichincota 2 registró trazas mínimas de coliformes termotolerantes (0.10 UFC/100 mL); se concluye que el recurso hídrico analizado es apto para el consumo humano según la normativa nacional vigente, aunque se identificó una ligera vulnerabilidad sanitaria en la segunda fuente, recomendando la implementación de sistemas de desinfección preventiva para garantizar la inocuidad del suministro.

Palabras clave: Calidad del agua, Manantiales, Parámetros fisicoquímicos, Microbiológicos, ECA.

ABSTRACT

The present research work aimed to evaluate the water quality of the Pichincota 1 and Pichincota 2 springs, the main supply sources of the Vilque district, Puno, verifying their compliance with the Environmental Quality Standards (ECA) established in D.S. No. 004-2017-MINAM. A quantitative approach methodology was applied, with a descriptive level and a non-experimental cross-sectional design, using point sampling under standardized protocols for the analysis of physicochemical and microbiological indicators. The results showed optimal physical and chemical quality in both sources, with turbidity of 0.08 NTU, low mineralization (conductivity < 186 $\mu\text{S}/\text{cm}$), anion concentrations well below the maximum permissible limits, and a pH between 6.1 and 6.5 units. In terms of microbiological aspects, the Pichincota 1 spring presented total absence of bacteria (0.00 CFU/100 mL), while Pichincota 2 recorded minimal traces of thermotolerant coliforms (0.10 CFU/100 mL). It is concluded that the analyzed water resource is suitable for human consumption according to current national regulations, although a slight sanitary vulnerability was identified in the second source, recommending the implementation of preventive disinfection systems to ensure the safety of the supply.

Keywords: Water quality, Springs, Physicochemical parameters, Microbiological parameters, ECA

"

INTRODUCCIÓN

Organismos internacionales como la OMS y UNICEF destacan que el acceso al agua potable no solo es esencial para la supervivencia biológica, sino que constituye un pilar para el desarrollo sostenible y la equidad social. Sin embargo, el escenario global actual enfrenta una crisis hídrica exacerbada por el crecimiento demográfico y el cambio climático, situación que afecta con mayor severidad a las zonas rurales altoandinas, donde la protección de las fuentes naturales es crítica para la subsistencia comunitaria.

En respuesta a esta problemática, la presente investigación se centra en la caracterización sanitaria de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, principales fuentes de abastecimiento en la zona alta del distrito de Vilque, Puno. El estudio, proyectado para el año 2025, tiene como finalidad contrastar la calidad del recurso hídrico frente a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) estipulados en el D.S. N.º 004-2017-MINAM (Categoría 1-A), norma que regula las aguas superficiales destinadas a la potabilización.

Para determinar la aptitud del agua, se realizó una evaluación exhaustiva de indicadores fisicoquímicos tales como pH, turbidez, conductividad y aniones y microbiológicos, buscando identificar brechas de calidad y diferencias significativas entre ambos puntos de captación. Los resultados obtenidos servirán de sustento técnico para proponer medidas de tratamiento y gestión que aseguren la inocuidad del servicio.

El documento se organiza en cuatro capítulos: El primer capítulo define la realidad problemática, describiendo las condiciones actuales del recurso hídrico en el distrito de Vilque y la necesidad de garantizar su calidad para el consumo humano, los antecedentes que permiten contextualizar la investigación y los objetivos orientados a evaluar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los manantiales Pichincota 1 y 2. El segundo el marco teórico conceptual, donde se revisan las bases científicas sobre calidad del agua, normativas nacionales los principales indicadores de potabilidad y la hipótesis de la investigación; El tercero detalla la metodología explicando el enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental de corte transversal. Se describen

los protocolos de muestreo, incluyendo la selección de puntos de captación, la frecuencia de recolección y las técnicas estandarizadas utilizadas para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y protocolos de muestreo. El cuarto presenta la exposición y análisis de los resultados mostrando los valores obtenidos en cada indicador y comparándolos con los límites establecidos en la normativa vigente. Se discuten las diferencias entre las dos fuentes. Finalmente las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según un informe conjunto de la ONU y la UNESCO publicado en marzo de 2023, el planeta se encuentra al borde de una severa crisis hídrica, con entre dos y tres mil millones de personas ya sufriendo las consecuencias de la escasez de agua. A nivel global, un significativo porcentaje de la población mundial, específicamente el 26%, carece de acceso a fuentes de agua potable seguras, mientras que el 46% no dispone de saneamiento adecuado (UNESCO , 2020).

Las proyecciones indican un alarmante incremento en la población urbana que experimentará falta de agua, estimándose que se duplicará para mediados de siglo. Adicionalmente, el aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías representa una seria amenaza para la subsistencia de las comunidades y la salud de los ecosistemas (Sánchez, 2021) .

El documento subraya la trascendencia de las alianzas estratégicas, resaltando los beneficios mutuos que estas pueden generar, como la protección del medio ambiente y la creación de oportunidades para la financiación conjunta de proyectos. En un llamado a la acción, se insta a fortalecer la cooperación en la gestión integrada de cuencas hidrográficas y acuíferos que trascienden las fronteras nacionales (Pino, 2021).

En el marco del Día Mundial del Agua, se reiteró la importancia de la colaboración a escala global como la vía para evitar una catástrofe hídrica de alcance mundial. Finalmente, el informe destaca que la participación activa e inclusiva de todas las partes

interesadas es un elemento crucial para el éxito de estas iniciativas, citando ejemplos concretos como los fondos de agua y los enfoques participativos que demuestran el potencial de las asociaciones colaborativas. (UNESCO, 2023)

La carencia de agua apta para el consumo humano es una causa directa de enfermedades fatales, siendo la diarrea responsable de aproximadamente 1.7 millones de decesos cada año. Las proyecciones indican que para el año 2025, la mitad de la población mundial experimentará estrés hídrico, una situación que se agravará aún más para 2030, cuando se prevé que uno de cada cinco países enfrentará esta condición. La agricultura, sector que consume el 70% del agua dulce disponible, se ve particularmente afectada por la ineficiencia de los sistemas de riego. En este contexto, abordar de manera efectiva la escasez de agua se convierte en una necesidad imperante para garantizar la seguridad alimentaria a nivel global y prevenir potenciales crisis humanitarias de gran escala. (Nieto, 2021)

El prematuro crecimiento urbano, el desarrollo de la manufactura y la escasez de fuentes de agua seguras y no contaminantes plantean desafíos. Esta situación puede dar lugar a la transmisión de enfermedades, especialmente la enfermedad diarreica aguda, afectando principalmente a la población infantil (Mamani, 2020).

En el contexto peruano, se observan marcadas desigualdades en la disponibilidad de servicios de agua y saneamiento, especialmente en las zonas rurales del país. Si bien catorce de los veinticuatro departamentos, que concentran el 91% de la población, cuentan con acceso a redes públicas de agua, se estima que 8.2 millones de peruanos no disponen de alcantarillado y 3 millones carecen de acceso a agua potable (Sarmiento, 2023).

La pandemia de COVID-19 puso de manifiesto la criticidad de estos servicios básicos, particularmente en los asentamientos informales donde el acceso a un saneamiento adecuado es limitado. La disparidad entre las áreas urbanas y rurales es notoria: mientras que el 4.7% de la población urbana no tiene acceso a redes públicas de agua, esta cifra se eleva al 25.3% en el ámbito rural. A pesar de los avances logrados desde 2013, Perú

aún se encuentra distante de alcanzar las metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en lo referente al acceso universal al agua y al saneamiento. Las diferencias son aún más pronunciadas en el ámbito del saneamiento, donde solo el 17% de la población rural cuenta con conexiones de alcantarillado, contrastando con el 89% en las zonas urbanas. En un esfuerzo por mitigar esta situación, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) realizó una inversión significativa en proyectos destinados a mejorar las condiciones tanto en áreas urbanas como rurales hasta julio de 2019 (OECD, 2021).

El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), presentó un informe detallado sobre la calidad del agua superficial en noventa y una localidades ubicadas en diferentes zonas hidrográficas de Puno. Los datos que sustentan este informe fueron recogidos entre 2011 y octubre de 2020, utilizando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua en la cuenca del Titicaca. En su función como entidad rectora del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos (SNGRH), la ANA desempeña un rol fundamental en la preservación de los recursos hídricos y en la supervisión de la calidad del agua a nivel nacional. (ANA, 2020).

Tras reportarse la presencia de agua turbia en el distrito de Paratia, provincia de Puno, el Ministerio de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y la Dirección Regional de Salud (DIRESA) Puno, realizó un operativo de monitoreo de la calidad del agua. Las inspecciones confirmaron que el sistema de agua potable no había sido comprometido; no obstante, se procedió a la toma de muestras para analizar y determinar la calidad del agua destinada al consumo humano en la zona. (MINSA, 2023).

En el distrito de Vilque se abastece de los servicios de agua de los manantiales del Cerro calvario, viendo que los sistemas se encuentran en total abandono y la inexistencia de una adecuada monitorización, inspección y vigilancia sobre la calidad del agua que consume el distrito de vilque.

Frente al problema mencionado es de mucha importancia realizar la determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua para salvaguardar la salud de los pobladores y que cuenten con un adecuado sistema de abastecimiento que garanticen el agua segura y apta para el consumo humano.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la calidad del agua de manantiales en el distrito de Vilque - Puno - 2025 de acuerdo a los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué parámetros físicoquímicos de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025 exceden los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM?
- ¿Qué parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025 exceden los ECAS establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM?
- ¿Qué diferencias existen entre la calidad de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Calente (2021), en su investigación realizó el análisis de diversos parámetros del agua arrojó los siguientes rangos de valores: pH entre 3.11 y 8.24, turbidez de 0.02 a 3.01 unidades, Coliformes Totales (CT) con una presencia que varió del 0 al 100%, Coliformes Termotolerantes (TTC) también entre 0 y 100%, y bacterias heterótrofas con un conteo que osciló entre 85 y 100%. Se observó que solo los niveles de cloro libre residual se mantuvieron dentro de los límites permisibles establecidos por la Ordenanza de consolidación No. 5 del Ministerio de Salud (MS), emitida el 28 de septiembre de 2017. En base a estos hallazgos, la investigación concluyó que el agua analizada no era apta para el consumo humano, recomendándole la implementación de un control más riguroso, particularmente en lo referente a la concentración de coliformes totales y bacterias heterótrofas.

Duarte (2022), en su Tesis “Evaluación de la calidad del agua del manantial “ tuvo como objetivo evaluar la aptitud del agua del manantial ubicado en la comunidad de *El Paraíso*, Santiago de Cuba, para consumo humano y otros usos. La metodología consistió en un estudio cuantitativo, descriptivo y transversal, con muestreos realizados en época seca y lluviosa, analizándose parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante métodos estandarizados y comparados con la normativa cubana para agua potable. Los resultados mostraron un pH ligeramente alcalino de 7,6, concentraciones elevadas de hidrogenocarbonatos (365 mg/L), potasio (18 mg/L) y nitratos (58 mg/L), superando los límites permisibles, así como la presencia de coliformes totales (240 UFC/100 mL) y coliformes fecales (95 UFC/100 mL), cuando la normativa exige ausencia. Estos valores evidenciaron una contaminación significativa de la fuente, atribuida principalmente a actividades agrícolas y asentamientos cercanos, concluyéndose que el agua no es apta para consumo humano, aunque podría ser utilizada de manera restringida para riego agrícola y abastecimiento de animales, constituyéndose en un antecedente relevante para la discusión de estudios similares sobre calidad de agua de manantiales.

Tchoumou (2023), en su artículo “Calidad físico químico y microbiológico del agua de manantial consumida por los habitantes de los barrios de Madibou en Brazzaville, República del Congo”, El estudio buscó establecer si el agua de manantial es apta para el consumo humano. Los análisis detectaron concentraciones elevadas de nitritos, un pH fuera del rango aceptable para agua potable, así como microorganismos y coliformes totales (CT). Estos hallazgos resaltan la importancia de informar sobre los riesgos de consumir agua de manantial sin tratamiento, además de proponer medidas correctivas como ajustar el pH y aplicar procesos de desinfección para asegurar la calidad del agua desde su origen.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Peralta (2021), en su artículo “calidad del agua de manantiales altoandinos para consumo humano en Perú” Los resultados mostraron que cationes y partículas inciden en propiedades fisicoquímicas como la turbidez. El PCA evidenció que la calidad del agua en

Andahuaylas y Talavera está ligada a metales y sólidos disueltos (turbidez y fluoruros), independientemente de la época del año.

Fuentes (2021), en su trabajo de investigación “Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, Perú” El estudio analizó la calidad del agua para consumo humano en la zona, midiendo parámetros fisicoquímicos (SDT, CE, pH, DQO, nutrientes y metales). Todos los valores estuvieron dentro de los límites normativos, excepto el arsénico (0.13 ppm en Caracha) y fosfatos (1.51 ppm en Puquial), lo que sugiere la necesidad de monitoreo y tratamiento selectivo.

Mendez (2022), en su trabajo titulado “Estudio físico y químico del agua del subsuelo de Ichuña, Moquegua, Perú” El análisis espectrofotométrico de muestras hídricas de tres manantiales de Ichuña detectó concentraciones críticas de As (0.13 ppm), B (2.4 ppm) y Pb (0.08 ppm), excediendo los ECA-Perú. El parámetro de acidez (pH 8.0 ± 0.2) confirmó condiciones alcalinas estables. Estos hallazgos justifican la clasificación de estas fuentes como no aptas para consumo directo, requiriendo sistemas de remoción de metales antes de su uso doméstico.

1.2.3. A NIVEL REGIONAL O LOCAL

Rossel (2022), en su artículo “Control de Calidad del Agua Potable en la Ciudad de Ilave, Región de Puno, Perú”. El agua analizada cumple con los parámetros fisicoquímicos, pero falla en dos aspectos clave: (1) desinfección inadecuada (cloro < 0.5 mg/L) y (2) contaminación microbiológica generalizada (coliformes en todas las muestras domiciliarias). La solución requiere reforzar la cloración en toda la red, pues la calidad no mejora aunque varíe el horario de suministro.

Rojas (2021), en su tesis “ Caracterización y determinación de la calidad del agua superficial de la unidad hidrográfica Coata-Región Puno”. El estudio revela variaciones geológicas significativas en la cuenca del Coata, desde rocas volcánicas en la zona alta hasta depósitos cuaternarios en la baja. La contaminación antropogénica - por aguas residuales municipales/industriales, residuos sólidos y descargas directas afecta diferencialmente la calidad hídrica (ICA-PE): la cabecera muestra 71% calidad aceptable

y 29% buena; la zona media mantiene calidad buena; mientras la parte baja presenta 56% buena, 33% regular y 11% crítica (especialmente en RToro2), evidenciando la necesidad urgente de controlar las fuentes de contaminación humana en la cuenca.

Quispe y Antonio, (2020), en su tesis titulada “Análisis comparativo de los índices de calidad de agua de los ríos Lampa y Cabanillas”. El análisis comparativo reveló que el río Lampa presenta mejores condiciones hídricas que el Cabanillas, registrando una calidad media frente a una calificación media-baja en este último. La diferencia más marcada se observó en los valores de DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno), donde el Cabanillas superó los límites normativos, indicando mayor carga orgánica y contaminación. Este contraste probablemente refleja el impacto diferencial de actividades antrópicas, particularmente agrícolas e industriales, en la cuenca del Cabanillas.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua de los manantiales en el distrito de Vilque - Puno - 2025 bajo el D.S. 004 – 2017 MINAM.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros físicoquímicos de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, de acuerdo al D.S. 004 – 2017 MINAM.
- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, de acuerdo al D.S. 004 – 2017 MINAM
- Determinar la diferencia entre la calidad de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. MANANTIALES

Los manantiales emergen cuando las aguas subterráneas encuentran estratos impermeables, aflorando a la superficie tras recorrer el subsuelo donde disuelven minerales, materia orgánica y microorganismos. Aunque este proceso de filtración natural a través de acuíferos se ha asociado tradicionalmente con pureza hídrica, los excursionistas y deportistas que los usan como fuente alternativa deben considerar que su potabilidad requiere verificación analítica constante, pues su calidad varía según condiciones geológicas y ambientales específicas. (Rodríguez, 2022).

2.1.2. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua se determina por su aptitud para los usos previstos (consumo humano, agricultura, industria y recreación), requiriendo el cumplimiento de estándares específicos que garanticen su seguridad. Sin embargo, factores como contaminantes, degradación de suelos, variaciones climáticas y sobreexplotación de recursos comprometen su calidad, haciendo indispensable un monitoreo constante y medidas correctivas para preservar su disponibilidad y sostenibilidad futura. (Bauer, 2020).

2.1.3. AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO

El agua, recurso vital, debe satisfacer parámetros estrictos de sabor, transparencia, composición química (incluyendo pH) y propiedades organolépticas para ser apta para consumo humano. Su origen -ya sea superficial o subterráneo- exige un control riguroso de calidad en todo el proceso: desde la captación hasta la distribución. Solo mediante

una gestión integral que evalúe sistemáticamente estos factores se puede garantizar agua segura, cumpliendo con todos los requisitos sanitarios esenciales. (Chulluncuy, 2021).

2.1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

Las propiedades físico-químicas del agua (elevado calor específico, cohesión molecular, baja compresibilidad y actividad solvente) determinan sus funciones biológicas clave: termorregulación en organismos, transporte de nutrientes, y mantenimiento de estructuras celulares. Su singular capilaridad, resultado de la tensión superficial, permite además el flujo contra gravedad en sistemas vasculares vegetales (Fuentes, 2021).

Las aguas naturales interactúan constantemente con su entorno (atmósfera, suelo, vegetación y estratos geológicos), incorporando diversos compuestos mediante procesos de erosión, disolución e intercambio gaseoso. Los ecosistemas acuáticos influyen significativamente en esta dinámica a través de los ciclos vitales de organismos que absorben y liberan sustancias. Esta composición química variable -donde predominan carbonatos, sulfatos y cloruros, acompañados de compuestos minoritarios como fosfatos y metales- depende directamente de factores geográficos y de la concentración de gases disueltos (oxígeno, nitrógeno y CO₂), demostrando la compleja interrelación entre los sistemas hídricos y su medio ambiente (Martínez, 2021).

La composición natural del agua incluye trazas de metales, fosfatos, silicatos y gases disueltos (CO₂, O₂ y N₂). Sin embargo, actividades humanas como la agricultura, industria y ganadería pueden modificar significativamente esta estructura mediante: (1) vertidos directos de aguas residuales, (2) infiltración de contaminantes en acuíferos, y (3) alteración de los ciclos biogeoquímicos naturales. Estos procesos antropogénicos transforman la química hídrica original, introduciendo compuestos ajenos a su equilibrio natural (Orellana, 2021).

Este grupo bacteriano (enterobacterias con capacidad de fermentar lactosa a 35°C) funciona como bioindicador de contaminación antropogénica en recursos hídricos, alertando sobre posibles patógenos entéricos (Vargas, 2021).

2.1.4.1 Parámetros Físicos

a. Color

La coloración del agua surge de la interacción entre componentes disueltos y partículas en suspensión, pudiendo originarse tanto por procesos naturales (descomposición vegetal, minerales ferrosos) como por contaminación antrópica (vertidos industriales/agrícolas). Esta gama cromática -desde tonalidades claras hasta verdes, marrones o rojizas- funciona como indicador visual clave de su composición química y estado ecológico, siendo parámetro fundamental para evaluar su aptitud para consumo humano. (Rolin, 2018).

b. Turbidez

La turbidez acuática refleja la presencia de partículas suspendidas que disminuyen su transparencia, pudiendo originarse tanto por procesos naturales (erosión, descomposición vegetal) como por contaminación. Medida en NTU, la OMS establece 5 NTU como límite seguro para consumo. Valores elevados no solo indican potencial riesgo sanitario, sino que además reducen la eficacia de desinfectantes al proteger microorganismos entre las partículas, siendo crítico controlar este parámetro para garantizar agua segura (Llamosas, 2022).

c. Conductividad

La conductividad eléctrica del agua cuantifica su concentración de sales ionizadas (cationes y aniones), que al disociarse generan capacidad conductiva. Este parámetro específico mide exclusivamente la mineralización disuelta, sin correlación directa con otros indicadores de calidad hídrica. (Solís, 2018), operaciones derivadas de actividades naturales o antrópicas (Cornejo, 2015).

d. Sólidos Totales Disueltos

Los sólidos suspendidos en el agua provienen principalmente de la erosión del terreno, constituidos por partículas microscópicas que permanecen en suspensión. Estas partículas no solo afectan las características organolépticas del agua, sino que también

estimulan el desarrollo de plancton y pueden generar efectos adversos en la salud de quienes la consumen, comprometiendo así su calidad general (Enrique, 2021).

2.1.4.2 Parámetros Químicos

a. Potencial hidrógeno (pH)

El pH del agua refleja su balance iónico, determinado por la concentración de protones (H^+) en solución. Este parámetro clave, que oscila teóricamente entre 0 (ácido fuerte) y 14 (alcalino fuerte), presenta un valor neutro de 7 en agua químicamente pura. Desviaciones significativas (<4.4 o >9.6) evidencian contaminación antropogénica o mineral, requiriendo análisis in situ para evitar alteraciones post-muestreo. La acidez titulable ($pH < 7$) o alcalinidad titulable ($pH > 7$) condicionan tanto la potabilidad como los equilibrios biogeoquímicos acuáticos. (Minam, 2017).

b. Cloruros

Los cloruros, aunque no tóxicos en niveles normales, funcionan como trazadores de contaminación antropogénica (aguas residuales, salinización de acuíferos). Su concentración natural varía ampliamente, pero valores elevados -que imparten sabor salado- suelen indicar afectación humana, requiriendo investigación de fuentes contaminantes. (García, 2019).

c. Sulfatos

Los sulfatos en aguas subterráneas derivan principalmente de la oxidación de minerales sulfurosos durante la infiltración hídrica. Su presencia >1000 mg/L causa efectos laxantes en humanos (similar a animales en >1600 mg/L), motivando que la OMS establezca 500 mg/L como límite seguro para consumo. (Bolaños, 2017).

El agua con altos niveles de sulfatos (>400 mg/L) puede desencadenar trastornos digestivos como irritación gástrica, diarrea osmótica y deshidratación, efectos que se intensifican cuando coexiste con calcio y magnesio. Aunque la OMS tolera concentraciones ≤ 400 mg/L temporalmente, recomienda mantenerlas <250 mg/L para consumo seguro, requiriendo tratamiento con tecnologías como ósmosis inversa en casos

de exceso, particularmente en zonas con fuentes hídricas naturalmente sulfatadas.(Hinojosa, 2021)

d. Dureza Total

La dureza surge de la combinación de cationes metálicos (Ca^{2+} , Mg^{2+}) con carbonatos/bicarbonatos, clasificándose como blanda (<60 mg/L CaCO_3), moderada (60-250 mg/L) o dura (>250 mg/L). Esta última puede generar problemas operativos en sistemas hidráulicos y reducir la efectividad de agentes limpiadores, requiriendo tratamientos de ablandamiento para uso óptimo.(Solís-Castro et al., 2018)

e. Nitratos

Los nitratos (NO_3^-), compuestos por tres átomos de oxígeno y uno de nitrógeno, son iones naturales presentes en aguas superficiales y subterráneas como parte del ciclo del nitrógeno. Sin embargo, actividades humanas como el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados -cuya lixiviación llega a acuíferos por riego o lluvia- han alterado este equilibrio, elevando sus concentraciones. La normativa europea establece 50 mg/L como límite máximo en agua potable, recomendando mantener niveles inferiores a 25 mg/L para mayor seguridad (Palomares, 2021).

2.1.4.3 Parámetros microbiológicos

a. Coliformes Totales

Se trata de microorganismos gramnegativos, tanto aerobios como anaerobios facultativos, de morfología bacilar (con y sin capacidad esporulante) que desarrollan colonias de tonalidad rojiza metálica en medios de cultivo selectivos. Su característica bioquímica distintiva es la fermentación de lactosa tras 24 horas de incubación a 35°C, lo que permite su identificación en análisis microbiológicos de agua (Larrea, 2019).

b. Coliformes fecales

Los coliformes termotolerantes (como *E. coli* y *Klebsiella*) son bacterias fecales que resisten hasta 45°C, siendo indicadores clave de contaminación reciente en agua. Su detección señala posible presencia de patógenos entéricos, diferenciándose de otros coliformes por su origen intestinal específico y tolerancia al calor (Larrea, 2019)).

2.1.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA POTABLE

Tabla 01: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 1 Subcategoría A1 para potabilizar el agua.

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Color	UCV Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
Conductividad	μS/cm	1500
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000
pH	Unidad de pH	6,5 a 8,5
Cloruros	mg/L	250
Sulfatos	mg/L	250
Dureza	mg/L	500
Nitratos	mg/L	50
Coliformes Totales	UFC/100 mL	50,00
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	20,00

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 D.S. 004 – 2017 MINAM.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua subterránea

La molécula de agua consiste en dos átomos de hidrógeno unidos covalentemente a un átomo de oxígeno, representada químicamente como H₂O. Esta estructura molecular simple pero fundamental es la base de sus propiedades únicas que sustentan la vida (Funcagua, 2020)

Control de la condición del agua destinada al consumo humano.

Los protocolos de control hídrico comprenden acciones técnicas y de gestión diseñadas para asegurar que el agua cumpla con los estándares legales de potabilidad, garantizando su seguridad para el consumo público mediante la vigilancia constante de sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.(DIGESA, 2010).

Calidad bacteriológica del agua.

Los atributos de potabilidad constituyen un conjunto de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que, mediante procesos de purificación certificados, garantizan agua segura para consumo humano, protegiendo a la población de riesgos asociados a contaminantes patógenos (Cytel, 2019).

Coliformes totales

Este grupo bacteriano comprende bacilos gramnegativos anaerobios facultativos que metabolizan lactosa produciendo ácidos y gases en 48 horas a 35°C, caracterizados por su incapacidad para formar esporas y su relevancia como indicadores de contaminación hídrica.(Funcagua, 2020).

Coliformes Fecales

Los coliformes fecales funcionan como bioindicadores críticos en la evaluación de seguridad hídrica, edáfica y alimentaria, cuya presencia señala contaminación patógena potencial, exigiendo intervenciones inmediatas para mitigar riesgos sanitarios y garantizar protección poblacional (Ministerio de Salud, 2014).

Límite Máximo Permisible (LMP)

El umbral de seguridad representa un parámetro fundamental en múltiples ámbitos, estableciendo los límites máximos permitidos de agentes químicos o biológicos en diferentes medios para preservar tanto la salud poblacional como el equilibrio ecológico (DIGESA, 2010)

2.3. MARCO NORMATIVO

Constitución Política del Perú

La Constitución Política del Perú establece que el agua es un recurso natural indispensable para la vida y el desarrollo del país, cuya gestión corresponde al Estado en beneficio de la población. En ese marco, se reconoce el derecho de toda persona a disponer de agua apta para el consumo humano, resaltando la responsabilidad estatal de asegurar su calidad, disponibilidad y uso sostenible como parte de la protección de la salud y el bienestar colectivo.

Ley General del Ambiente – Ley N° 28611

Establece principios de prevención y sostenibilidad en el uso de recursos naturales.

Obliga a que toda actividad relacionada con el agua asegure la protección de la salud y el ambiente.

3. Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338

Regula el uso, gestión integrada y conservación del agua superficial y subterránea.

Prioriza el acceso al agua para consumo humano como un derecho fundamental.

Define competencias de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en la supervisión y control.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Categoría 1, Subcategoría A1: Agua destinada al consumo humano.

Define límites máximos permisibles para parámetros físicos, químicos y microbiológicos (ej. turbidez ≤ 5 NTU, nitratos ≤ 50 mg/L, coliformes ≤ 50 UFC/100 mL).

Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley N° 26821): regula el uso racional de recursos hídricos.

Reglamentos sectoriales (agrario, minero, industrial, energético) que establecen obligaciones específicas para evitar contaminación de fuentes de agua.

Convenio 169 de la OIT y Ley N° 29785 (Consulta Previa): aplicable en zonas con comunidades originarias, garantizando participación en decisiones sobre recursos hídricos

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La calidad del agua de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, no cumple con los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Algunos parámetros fisicoquímicos del agua procedente de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, superan los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM.
- Algunos parámetros microbiológicos en el agua procedente de los manantiales de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, superan los ECA establecidos en el D.S. 004 – 2017 MINAM.
- No existe diferencia significativa entre la calidad de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ZONA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la zona alta del distrito de Vilque, perteneciente a la provincia y región de Puno. La zona de intervención se caracterizó por su ubicación estratégica dentro de la cuenca, emplazada a una altitud promedio de 3,826 m.s.n.m., lo que determinó las condiciones fisiográficas y bioclimáticas del proyecto.

Como parte del levantamiento topográfico y de campo, se identificaron y georeferenciaron con precisión los dos puntos de interés hídrico (manantiales), quedando delimitada el área de influencia entre las siguientes coordenadas UTM y geográficas capturadas in situ:

Tabla 02: Puntos de monitoreo

Punto de Control	Descripción	Latitud (S)	Longitud (O)
P-01	Manantial Pichincota 1	15° 46' 3.90" S	70° 15' 20.74" O
P-02	Manantial Pichincota 2	15° 46' 9.61" S	70° 15' 23.26" O



Figura 01: Localización de la zona objeto de análisis

Fuente: Google earth Pro

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

El presente estudio se desarrolló en la zona alta del distrito de Vilque, Puno, un entorno andino situado a 3,826 m.s.n.m. donde el clima frío y las lluvias estacionales que oscilan entre los 400 y 527.2 mm anuales moldean el paisaje y recargan los acuíferos; es en este escenario geográfico donde se identificaron y caracterizaron los manantiales Pichincota 1 ($15^{\circ}46'3.90''S$, $70^{\circ}15'20.74''O$) y Pichincota 2 ($15^{\circ}46'9.61''S$, $70^{\circ}15'23.26''O$), los cuales constituyen el eje central de esta investigación por ser, en la actualidad, las fuentes vitales que garantizan el suministro de agua potable para la población local.

3.2.1. MUESTRA

Para la conformación de la muestra, se seleccionaron los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 como las fuentes representativas del estudio; en cada punto de afloramiento se procedió a la recolección de un volumen de 1000 ml, aplicando estrictamente protocolos estandarizados de conservación y custodia para asegurar la integridad de las

muestras, procedimiento que garantiza un equilibrio entre el rigor científico y la viabilidad logística para la obtención de datos confiables.

Tabla 03: Coordenadas para las muestras de agua

Punto de captación			Punto de captación		
Muestra	UTM	Volumen	Muestra	UTM	Volumen
Pichincot a 1	<u>S15°46'3.90"S</u> <u>70° 15'20.74"O</u>	1000 ml	Pichincota 2	<u>S15°46'9.61.</u> <u>70°15'23.26"O</u>	1000 ml
TOTAL	2000 ml				

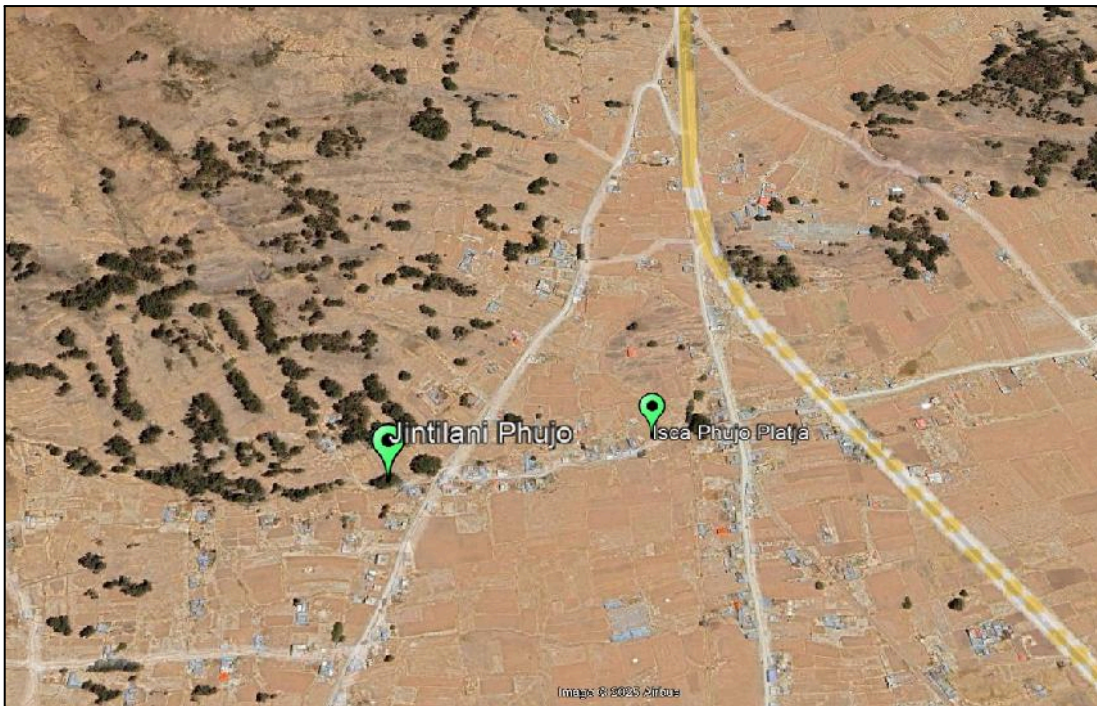


Figura 02: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Fuente: Google Earth Pro

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

El proceso de muestreo ejecutado se rige estrictamente por el protocolo establecido en la RD N.° 160-2015/DIGESA/SA, abarcando de manera integral las etapas críticas de toma, preservación, transporte y recepción en laboratorio; la aplicación de esta normativa en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 garantizó la recolección segura del recurso hídrico, asegurando la inalterabilidad de sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas originales mediante el uso de materiales estériles y el mantenimiento riguroso de la cadena de frío, lo que permitió obtener resultados que constituyen un reflejo fiel de la calidad del agua consumida en la comunidad y una base técnica confiable para la toma de decisiones sanitarias.

a) Protocolo de Recolección y Preservación de Muestras de Agua

Con el objetivo de asegurar la validez analítica y la representatividad de los datos, la recolección de muestras se llevó a cabo utilizando envases de polipropileno esterilizados de boca ancha y 1000 ml de capacidad; la selección de este material respondió a su inercia química, evitando interacciones que pudieran alterar la composición de la muestra o generar adsorción de analitos. En los puntos de afloramiento correspondientes a los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, la captación se realizó sumergiendo los envases a una profundidad intermedia de 15 a 25 cm, una maniobra crítica para excluir tanto la película superficial como los sedimentos del lecho, garantizando así la obtención de agua en circulación activa.

Previo al llenado definitivo, se ejecutó la técnica de purga mediante un triple enjuague con el agua de la fuente para aclimatar el recipiente; simultáneamente, se documentaron las condiciones físicas y la temperatura ambiental in situ, cumpliendo con los estándares limnológicos. Inmediatamente después, las alícuotas fueron sometidas a preservación térmica en cajas herméticas equipadas con refrigerantes para mantener una temperatura constante de 4 ± 2 °C, retardando la actividad microbiológica y la degradación química. Finalmente, se aseguró la trazabilidad mediante un etiquetado codificado que incluyó coordenadas UTM y hora de muestreo, procediéndose al ingreso de las muestras en el

laboratorio certificado en un lapso no mayor a 24 horas para su análisis dentro de los tiempos de estabilidad normativa.

3.3.2. MÉTODOS DE LABORATORIO

La validación técnica y jurídica del estudio se sustentó en la integración de dos marcos normativos rectores. Para la fase operativa de campo, se adoptaron los lineamientos de la NTP 214.005:1987 (Agua Potable: Toma de Muestra), garantizando la estandarización en los protocolos de recolección y preservación para los ensayos organolépticos, químicos y microbiológicos. Por su parte, la evaluación de la calidad del recurso hídrico en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 se contrastó con el D.S. N.º 004-2017-MINAM, norma que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Esta regulación define los niveles de concentración de elementos físicos, químicos y biológicos presentes en el cuerpo natural de agua que no representan riesgo para la salud; la articulación de ambas normativas aseguró tanto la consistencia metodológica durante el muestreo como la solidez legal en la interpretación de los resultados respecto a la categoría poblacional.

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, D.S. 004 – 2017 MINAM.

Tabla 04: Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua potable

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
Conductividad	µmho/cm	1500
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Cloruros	mg/L	250

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Sulfatos	mg/L	250
Dureza	mg/L	500
Nitratos	mg/L	50
coliformes totales	UFC/100 mL	50,00 UFC/100 mL a 35°C
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	20,00 UFC/100 mL a 35°C

UCV: Unidad de color verdadera

UNT: Unidad nefelométricas de turbiedad.

UFC = Unidad Formadora de Colonias

Fuente: Estándares de Calidad ambiental (ECA) Categoría 1 Subcategoría A - D.S. 004 2017 MINAM.

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:

- Frascos estériles de vidrio o PE
- Botellas plásticas de 1 L
- Movilidad
- Envases
- Cuaderno de apuntes
- Hielera con acumuladores de frío
- Agua destilada
- Rotulador indeleble y etiquetas
- Guantes de látex/nitrilo
- Mandil
- Baterías
- GPS o mapa georreferenciado
- Cámara Fotográfica
- Laptop I7 12va Gen
- Casco

3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO.

Objetivo específico 1: Determinar la concentración de los parámetros físicoquímicos de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, de acuerdo al D.S. 004 – 2017 MINAM.

Planificación del muestreo: Definidos los puntos de muestreo en los manantiales del distrito de Vilque se estableció el cronograma y frecuencia de recolección.

Recolección de muestras: Se tomaron las muestras de agua siguiendo el protocolo de conservación y transporte establecidos por la norma.

Se utilizaron envases adecuados (plástico, esterilizados según parámetro).

Se anotaron las condiciones ambientales (hora, clima, coordenadas, temperatura in situ).

Recogidas las muestras se etiquetaron debidamente codificadas cada muestra por manantial.

Luego de obtenidas las muestras debidamente envasadas se depositaron en un cooler para su conservación y transporte al laboratorio, manteniendo de acuerdo a la cadena de custodia y condiciones de preservación (con gel refrigerante).

Obtenidos los resultados de los parámetros solicitados se procedió a la tabulación para la interpretación y discusión de los resultados, comparando los valores obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos en el D.S. 004-2017-MINAM.

Objetivo específico 2: Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, de acuerdo al D.S. 004 – 2017 MINAM

Recolección de muestras: Se utilizaron frascos estériles, previamente desinfectados, evitando la contaminación cruzada durante la toma.

Se tomaron volúmenes adecuados según el parámetro a analizar (coliformes).

Registro de campo: Se anotaron datos de ubicación, hora, temperatura del agua y observaciones relevantes y se etiquetaron cada muestra con código único.

Preservación y transporte: Se Mantuvieron las muestras en refrigeración (4 °C) para su transporte al laboratorio en un tiempo máximo de 6 horas, siguiendo la cadena de custodia.

Interpretación de resultados: Se compararon los valores obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos en la norma.

Objetivo específico 3: Determinar la diferencia entre la calidad de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno

Interpretación de resultados: Se compararon los valores obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos en la norma.

Para la comparación de resultados se organizaron los datos en tablas y gráficos comparativos y se identificaron las diferencias en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Interpretación frente a estándares; se procedió a contrastar los resultados de ambos manantiales con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del D.S. 004-2017-MINAM.

Finalmente se determinó cuál cumple mejor con los límites establecidos y en qué parámetros se observan incumplimientos.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 05: Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente Concentración de los parámetros	Física	Color
		Turbiedad
		CE
		Sólidos totales disueltos
	Química	pH
		Cloruros
		Sulfatos
		Dureza total
	Microbiológica	Nitratos
		Coliformes totales

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable dependiente		
Calidad del Agua - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del D.S. 004-2017-MINAM.	Estándares de calidad ambiental	Coliformes fecales Buena Regular Mala

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES EN EL DISTRITO DE VILQUE - PUNO - 2025 BAJO EL D.S. 004 – 2017 MINAM

4.1.1. CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DEL DISTRITO DE VILQUE - PUNO - 2025, DE ACUERDO AL D.S. 004 – 2017 MINAM.

La evaluación de la calidad del recurso hídrico en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 se fundamentó en un análisis cuantitativo riguroso de sus variables organolépticas, químicas y microbiológicas; mediante la recolección de muestras representativas, se determinaron las concentraciones de parámetros críticos como color, turbidez, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos, además de iones mayoritarios incluyendo cloruros, sulfatos y nitratos y la carga bacteriana de coliformes. El procesamiento de la información se ejecutó conforme a la metodología establecida, contrastando los hallazgos frente a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (Categoría 1) con el fin de certificar la aptitud de la fuente de abastecimiento.

Tabla 06: Concentración de los parámetros fisicoquímicos por repetición y media de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2.

Resultados de los parámetros organolépticos y químicos por manantial				
	Manantial		Pichincota 1	Pichincota 2
Ítem	Parámetro	Unidad		
1	Color	Pt/Co	<5	<5
2	Conductividad Eléctrica	µS/cm	185,2	174,2
3	pH	Und . pH	6,9	6,5
4	Cloruros	meq/L	0,08	0,02
5	Sulfatos	meq/L	2,43	2,40
6	Sólidos Totales Disueltos	mg/L	24,00	18,0
8	Nitratos	meq/L	1,09	1,49
9	Turbiedad	NTU	0,08	0,08
10	Dureza Total	mg/L	24,86	22,86

Conforme a los datos presentados en la Tabla 05, la evaluación de la calidad del agua en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 se realizó mediante la determinación de nueve indicadores fisicoquímicos, cuyos resultados evidencian un comportamiento hidrogeoquímico estable y propio de fuentes de alta montaña.

En lo que respecta a los parámetros físicos, los resultados mostraron una alta calidad estética y ausencia de material particulado. Ambos puntos de muestreo reportaron valores de Color por debajo del límite de detección (<5 Pt/Co) y una Turbiedad mínima de 0.08 NTU, cifras que garantizan la transparencia del recurso. Por otro lado, la mineralización global del agua, evaluada mediante la Conductividad Eléctrica y los

Sólidos Totales Disueltos (STD), presentó una ligera variabilidad espacial. El manantial Pichincota 1 registró valores superiores (185.2 $\mu\text{S/cm}$ y 24.00 mg/L) en comparación con Pichincota 2 (174.2 $\mu\text{S/cm}$ y 18.0 mg/L), aunque ambos se mantienen dentro de rangos característicos de aguas dulces con baja salinidad.

En cuanto a los parámetros químicos, el potencial de hidrógeno (pH) reveló una diferencia notable entre las fuentes: mientras que Pichincota 2 presentó un pH de 6.5, situándose en el rango neutro ideal, Pichincota 1 mostró una tendencia ligeramente ácida con un valor de 6.1. El análisis de dureza total clasificó a ambas aguas como "blandas", con concentraciones de 24.86 mg/L y 22.86 mg/L respectivamente. Finalmente, la evaluación de aniones mayoritarios (Cloruros, Sulfatos y Nitratos) arrojó concentraciones traza muy por debajo de los umbrales de riesgo, siendo el Nitrato el único parámetro con una presencia levemente mayor en Pichincota 2 (1.49 meq/L) frente a Pichincota 1 (1.09 meq/L), lo cual es consistente con la dinámica natural de los suelos andinos.

Tabla 07: Concentración de los parámetros microbiológicos por repetición y media de los Manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2.

Resultados de los parámetros microbiológicos por manantial				
	Manantial		Pichincota 1	Pichincota 2
Ítem	Parámetro	Unidad		
1	Coliformes Totales	UFC/100 mL	00,00	00,05
2	Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	00,00	00,10

La evaluación de la calidad biológica, centrada en la cuantificación de indicadores de contaminación bacteriana, reveló una disparidad sanitaria significativa entre las fuentes estudiadas; mientras que el manantial Pichincota 1 demostró una condición de inocuidad absoluta al registrar 0.00 UFC/100 mL tanto en Coliformes Totales como en

Termotolerantes, evidenciando una óptima protección del afloramiento, el manantial Pichincota 2 presentó vulnerabilidad microbiológica con concentraciones de 0.05 UFC/100 mL para Coliformes Totales y 0.10 UFC/100 mL para los Termotolerantes, hallazgos que confirman la presencia de agentes contaminantes y la necesidad imperativa de implementar tratamientos de desinfección para mitigar el riesgo sanitario en esta segunda fuente.

Tabla 08: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Pichincota 1 con los ECA del D.S. 004-2017-MINAM.

Comparación de la concentración media de los parámetros del manantial Pichincota 1				
Parámetros	Unidad	Concentración	ECA	Valoración
Parámetros fisicoquímicos				
Color		<5	15	Cumple
Conductividad (CE)	μS/cm	185,2	1500	Cumple
pH	Und . pH	6,9	6,5 a 8,5	Cumple
Cloruros Cl	meq/L	0,08	250	Cumple
Sulfatos	meq/L	2,43	250	Cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	24,00	1000	Cumple
Dureza Total	CaCO ₃	24,86	500	Cumple
Nitratos	meq/L	1,09	50	Cumple
Turbiedad	NTU	0,08	5	Cumple
Parámetros Microbiológico				
Coliformes Totales	UFC/100 mL	00,00	50(*)	Cumple
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	00,00	20(*)	Cumple

La evaluación de conformidad normativa para el manantial Pichincota 1 evidencia un cumplimiento integral de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM; los resultados fisicoquímicos confirman la alta calidad de la

fuelle, destacando un pH de 6.9 que se estabiliza perfectamente dentro del rango óptimo de neutralidad (6.5 – 8.5) y concentraciones de sales y sólidos disueltos que se mantienen significativamente por debajo de los umbrales máximos permitidos, ratificando la naturaleza dulce del agua. Asimismo, la validación microbiológica respalda la inocuidad del recurso al registrar una ausencia absoluta (0.00 UFC/100 mL) tanto de Coliformes Totales como Termotolerantes, concluyendo que esta fuente hídrica reúne todas las condiciones sanitarias y fisicoquímicas exigidas para ser catalogada como apta para el abastecimiento poblacional.

Tabla 09: Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Pichincota 2 con los ECA del D.S. 004-2017-MINAM.

Comparación de la concentración de los parámetros del manantial Pichincota 2				
Parámetros	Unidad	Concentración	ECA	Valoración
Parámetros fisicoquímicos				
Color		<5	15	Cumple
Conductividad (CE)	µS/cm	174,2	1500	Cumple
pH	Und. pH	6,5	6,5 a 8,5	Cumple
Cloruros Cl	meq/L	0,02	250	Cumple
Sulfatos	meq/L	2,40	250	Cumple
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	18,0	1000	Cumple
Dureza Total	CaCO ₃	22,86	500	Cumple
Nitratos	meq/L	1,49	50	Cumple
Turbiedad	NTU	0,08	5	Cumple
Parámetros Microbiológico				
Coliformes Totales	UFC/100 mL	00,05	50(*)	Cumple
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	00,10	20(*)	Cumple

El análisis de conformidad normativa efectuado al manantial Pichincota 2 ratifica el cumplimiento satisfactorio de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) vigentes, validando la aptitud de la fuente para el consumo humano; en el aspecto fisicoquímico, todos los indicadores reportaron valores holgadamente inferiores a los topes máximos permitidos, destacando un pH de 6.5 que, aunque situado en el límite inferior del rango neutro, se mantiene dentro de la norma. Por su parte, la evaluación microbiológica, si bien registró una carga bacteriana mínima cuantificable de 0.05 UFC/100 mL para Coliformes Totales y 0.10 UFC/100 mL para Termotolerantes, determinó que dichas concentraciones no representan un riesgo sanitario significativo al encontrarse muy por debajo de los límites regulatorios establecidos (50 y 20 UFC/100 mL respectivamente), confirmando así la viabilidad técnica y legal del recurso hídrico para su aprovechamiento.

4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS MANANTIALES DEL DISTRITO DE VILQUE - PUNO - 2025

4.2.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLOR

La evaluación de la calidad del recurso hídrico en las fuentes de captación se efectuó cuantificando las Unidades de Color Verdadero mediante la escala de Platino-Cobalto (Pt/Co). Los análisis realizados en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 reportaron valores inferiores al límite de detección del método (< 5 Pt/Co), lo que demuestra una cristalinidad absoluta y características óptimas de transparencia. Al contrastar estos hallazgos con el D.S. N.º 004-2017-MINAM, se verifica que ambas fuentes se mantienen holgadamente por debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido en 15 Pt/Co. En consecuencia, se confirma el cumplimiento normativo de este indicador, descartando la presencia de sustancias disueltas, materia orgánica o metales en concentraciones que pudieran alterar las propiedades organolépticas del agua.

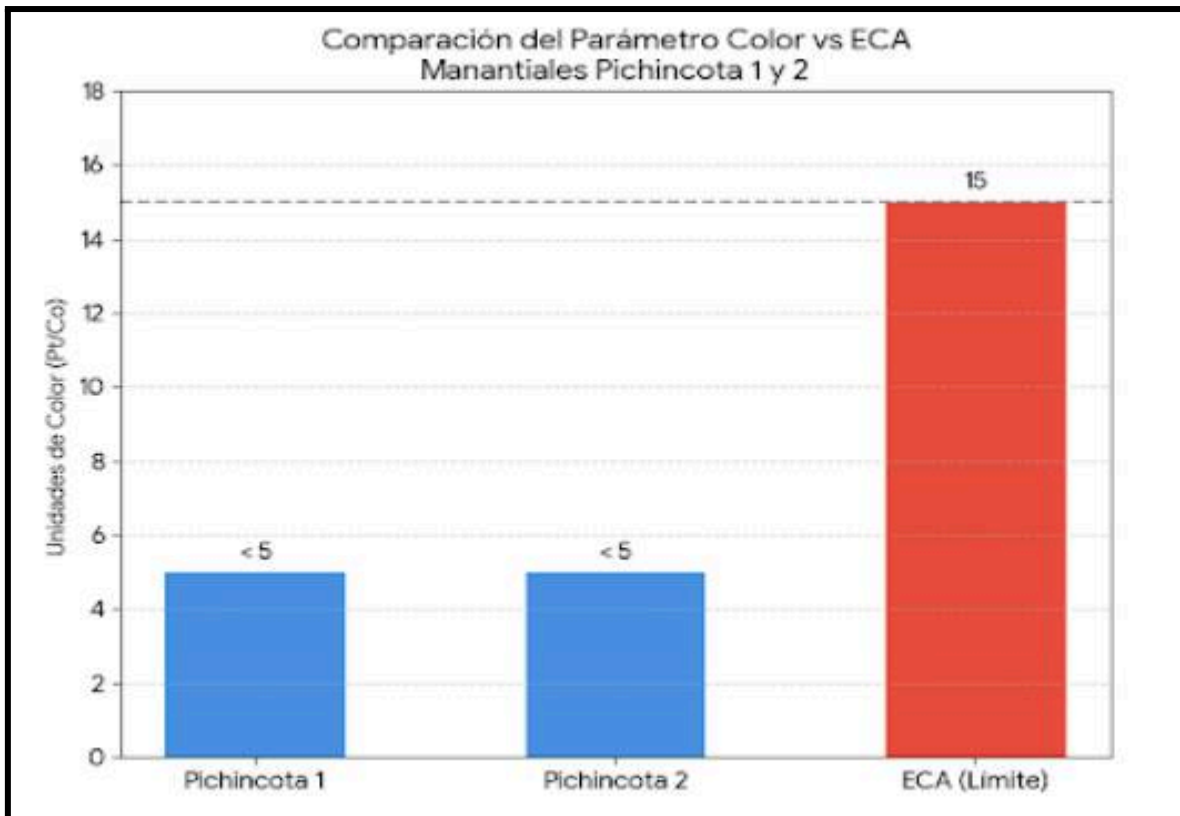


Figura 03: Valor del color del agua de los manantiales del distrito de Vilque.

Los resultados obtenidos para el parámetro de color en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 registraron valores inferiores al límite de detección (< 5 Pt/Co), evidenciando una transparencia absoluta que cumple holgadamente con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del D.S. N.º 004-2017-MINAM. Esta ausencia de pigmentación descarta la interacción del agua con agentes contaminantes pues, tal como sustenta Rolin (2018), la coloración suele originarse por procesos de descomposición vegetal o minerales ferrosos disueltos, factores que no están presentes en la zona de estudio. Asimismo, la estabilidad física observada contrasta favorablemente con lo reportado por Peralta (2021) en manantiales altoandinos, donde la presencia de partículas y cationes suele alterar la apariencia visual del recurso; en cambio, la cristalinidad de las fuentes de Vilque sugiere una filtración natural eficiente en el subsuelo que garantiza su calidad estética para el consumo humano.

4.2.2 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO TURBIEDAD

La determinación de la turbiedad en las fuentes de abastecimiento se llevó a cabo mediante el método nefelométrico, expresando los resultados en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). El análisis cuantitativo de las muestras recolectadas en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 arrojó un valor idéntico de 0.08 NTU para ambos puntos de captación. Este registro evidencia una claridad excepcional en el recurso hídrico, indicando una ausencia significativa de material particulado en suspensión, sedimentos, arcillas o materia orgánica coloidal. Al confrontar estos datos con la normativa vigente, se constata que los valores obtenidos son drásticamente inferiores al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de 5 NTU, establecido en el D.S. N.º 004-2017-MINAM para agua de categoría poblacional. En consecuencia, se confirma que el agua posee características físicas óptimas, lo cual facilita los procesos posteriores de desinfección y garantiza la aceptación visual por parte de los consumidores.

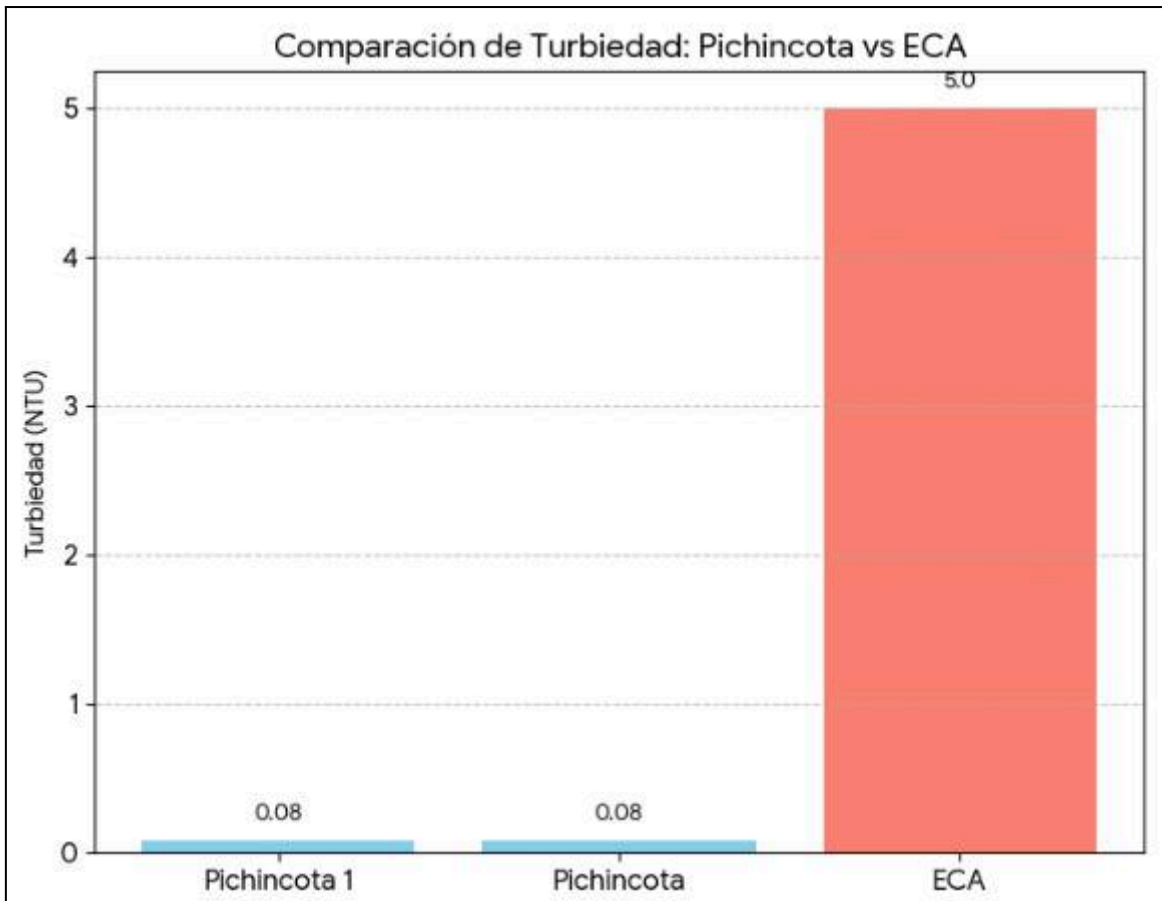
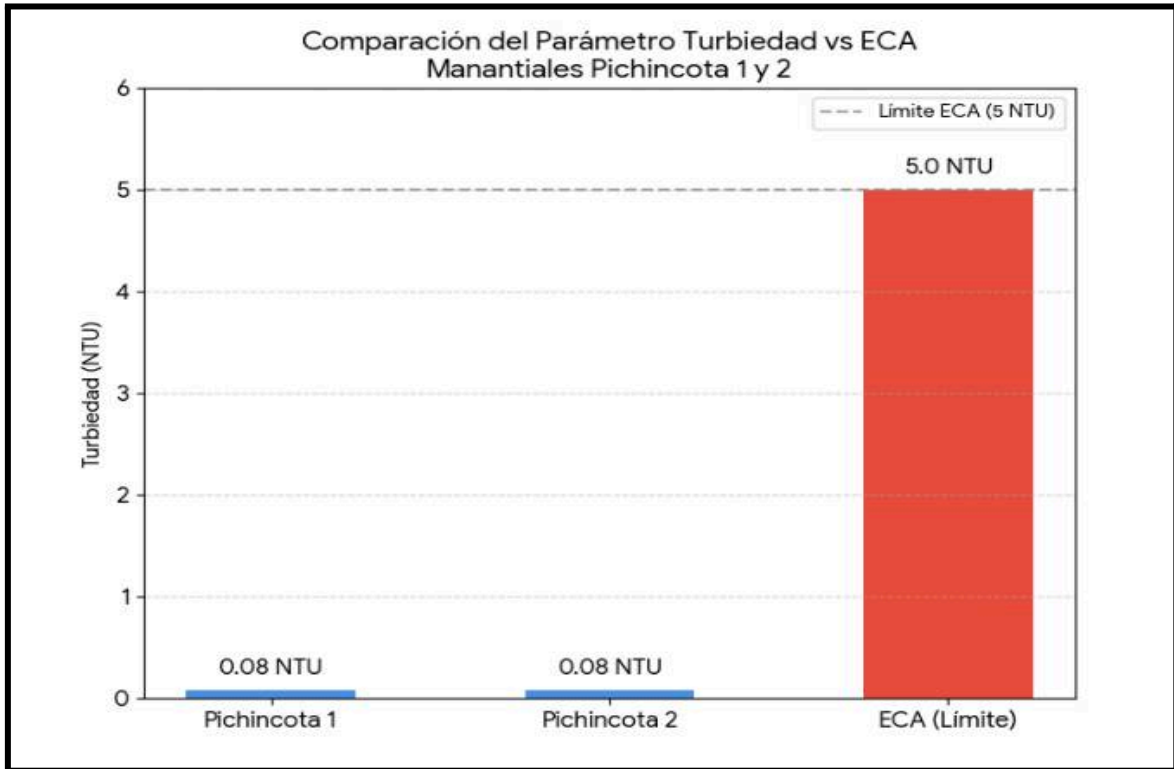


Figura 04: Valor de la turbiedad del agua de los manantiales del distrito de Vilque.

Los niveles de turbidez registrados en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 (0.08 NTU) ratifican una calidad física superior que garantiza la eficiencia de los procesos de potabilización. Este hallazgo se alinea con lo expuesto por Llamosas (2022) , quien advierte que valores elevados de turbidez no solo representan un rechazo estético, sino un riesgo sanitario crítico, ya que las partículas en suspensión actúan como escudo protector para los microorganismos frente a los desinfectantes. Al mantener una turbidez cercana a cero, los manantiales de Vilque aseguran que, de aplicarse la cloración, esta será plenamente efectiva al no existir interferencias físicas. Por otro lado, estos resultados contrastan positivamente con el estudio de Peralta (2021) , quien en su evaluación de manantiales altoandinos determinó que la presencia de cationes y partículas disueltas solía elevar la turbidez independientemente de la estacionalidad. A diferencia de dicho antecedente, la estabilidad y transparencia observada en Pichincota

sugiere que el acuífero local no sufre de arrastre de sedimentos ni erosión interna, comportándose como un sistema de filtración natural altamente eficiente.

4.2.3. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA



La medición de la Conductividad Eléctrica (CE) en los puntos de muestreo se realizó para estimar la concentración de sales ionizadas presentes en el agua. Los resultados obtenidos muestran que el manantial Pichincota 1 registró un valor de 185.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el manantial Pichincota 2 presentó una conductividad ligeramente inferior de 174.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ambos valores reflejan una mineralización baja, característica de aguas dulces provenientes de acuíferos con tiempos de residencia cortos o flujo rápido en rocas poco solubles. Al comparar estos hallazgos con el D.S. N.° 004-2017-MINAM, se verifica que ambas fuentes cumplen satisfactoriamente con la normativa, manteniéndose muy por debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido en 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esto confirma que el recurso hídrico no presenta problemas de salinidad ni infiltraciones excesivas de minerales que pudieran comprometer su aptitud para el consumo humano.

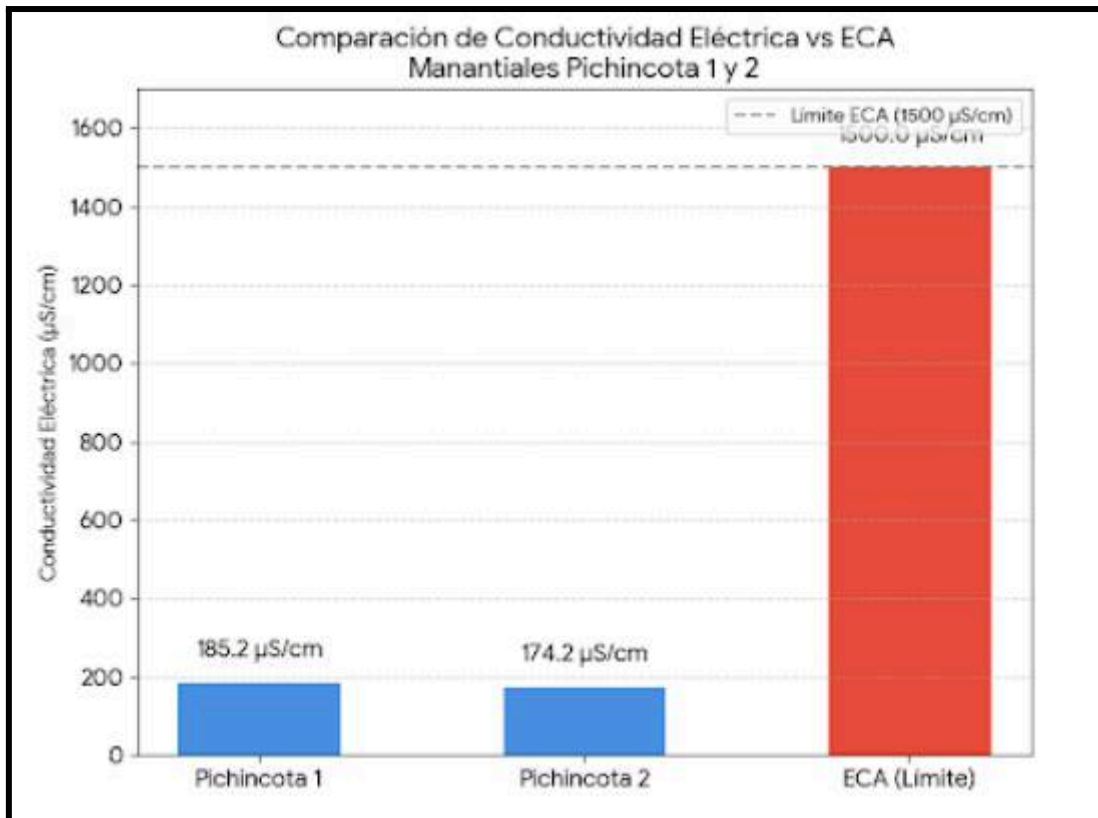


Figura 05: Valor de conductividad del agua de los manantiales del distrito de Vilque.

Los valores de conductividad eléctrica registrados en los manantiales Pichincota 1 y 2 (174.2 - 185.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indican una baja concentración de iones disueltos, lo cual es consistente con la definición de Solís (2018), quien establece que este parámetro cuantifica la presencia de sales ionizadas como cationes y aniones. Según Solís, la conductividad es un indicador exclusivo de la mineralización disuelta, y los niveles bajos hallados en Vilque sugieren que el agua no ha sufrido procesos intensos de disolución mineral ni contaminación salina antropogénica. Al contrastar estos resultados con estudios similares, se observa una diferencia notable respecto a los hallazgos de Fuentes (2021) en la región de Ayacucho. Fuentes, al evaluar parámetros fisicoquímicos en aguas superficiales, encontró variaciones que requerían monitoreo constante, aunque la mayoría cumplía con la norma. En comparación, la estabilidad y bajos valores de conductividad en los manantiales de Vilque denotan una calidad fisicoquímica superior y más homogénea que la reportada por Fuentes, descartando la presencia de contaminantes inorgánicos que suelen elevar la carga iónica en otras cuencas andinas..

Por otro lado, nuestros resultados guardan una mayor similitud con lo encontrado por Aguilar (2025) en la cuenca cercana del río llave, quien reportó un rango de conductividad de 125 a 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor obtenido en el manantial Jintilani Phujo (145,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se inserta perfectamente dentro de este rango regional, mientras que el manantial Isca Phujo Platja (200,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) presenta una mineralización levemente mayor, lo cual no representa un riesgo sanitario, ya que sigue manteniéndose muy lejos del umbral de sabor salobre o de los límites normativos.

4.2.4 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO PH

La determinación del potencial de hidrógeno (pH) en los puntos de monitoreo permititió evaluar la acidez o alcalinidad del recurso hídrico, un factor crítico que condiciona tanto la potabilidad como los procesos de tratamiento. Los resultados evidenciaron una ligera variabilidad entre las fuentes: el manantial Pichincota 1 registró un valor de 6.1 unidades, denotando una tendencia levemente ácida, mientras que el manantial Pichincota 2 alcanzó la neutralidad con un valor de 6.5 unidades. Al contrastar estos hallazgos con el D.S. N.º 004-2017-MINAM, se observa un cumplimiento parcial. El manantial Pichincota 2 se sitúa exactamente en el límite inferior del rango permitido (6.5 a 8.5), clasificándose como "Conforme". Sin embargo, Pichincota 1 (6.1) se encuentra ligeramente por debajo del estándar óptimo, lo que sugiere una influencia geológica natural o la presencia de suelos ácidos en la zona de recarga, aunque no representa un riesgo toxicológico inmediato para el consumo, sí podría requerir corrección para optimizar su calidad.

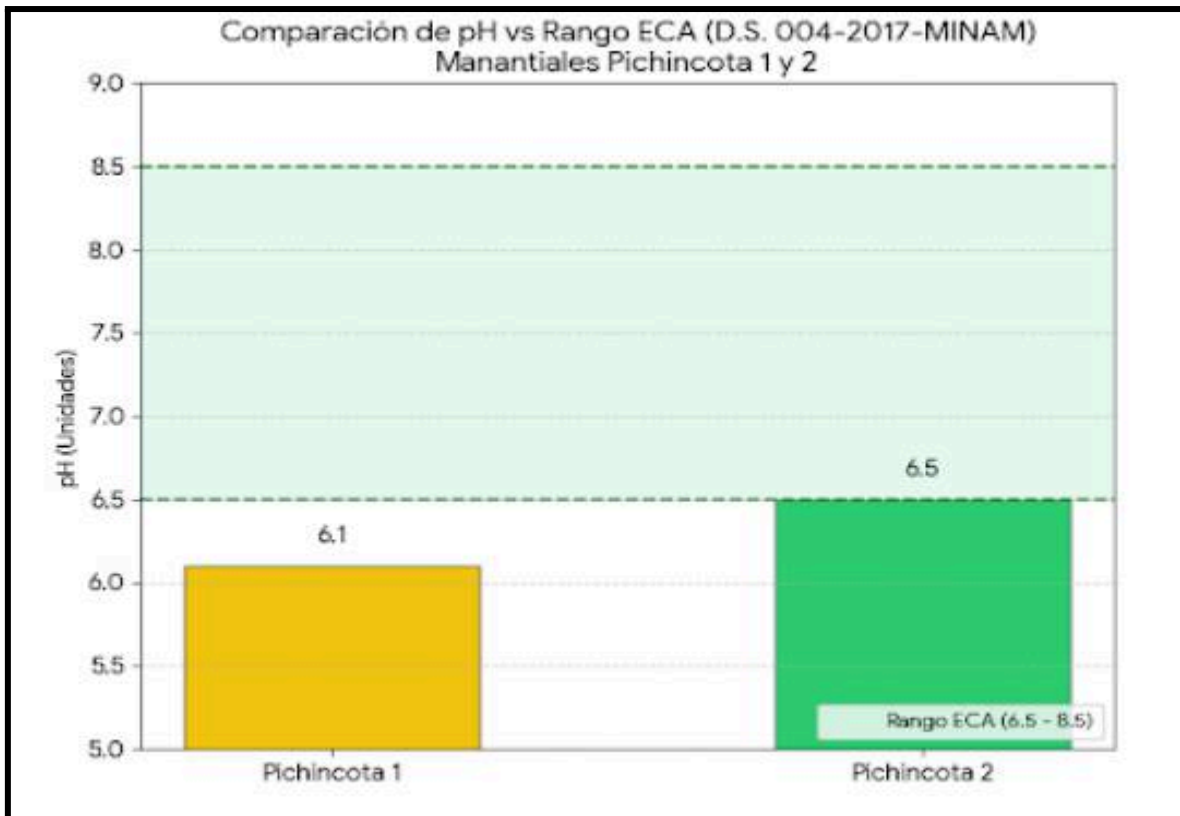


Figura 06: Valor del pH del agua de los Manantiales del distrito de Vilque.

El comportamiento del pH en los manantiales de Vilque (6.1 – 6.5) difiere de la estabilidad alcalina reportada por Mendez (2022) en su estudio de manantiales en Ichuña, Moquegua. Mendez registró un pH promedio de 8.0 ± 0.2 , asociando esta alcalinidad a la presencia de metales disueltos como arsénico y boro. En contraste, la tendencia ácida a neutra de los manantiales Pichincota descarta la influencia de este tipo de mineralización alcalina tóxica, sugiriendo un origen hidrogeológico distinto, probablemente vinculado a suelos orgánicos o rocas silíceas que no aportan carbonatos significativos al agua. Esta ligera acidez detectada en Pichincota 1 (6.1) es consistente con las observaciones de Calente (2021), quien en su investigación encontró rangos de pH sumamente variables, desde 3.11 hasta 8.24, concluyendo que valores extremos pueden comprometer la aptitud para el consumo. Aunque el valor de 6.1 no es tan crítico como el mínimo hallado por Calente, sí refuerza la teoría de Tchoumou (2023), quien advierte que un pH fuera del rango aceptable exige medidas correctivas, como la neutralización, para asegurar la eficiencia de los procesos de desinfección y proteger la infraestructura hidráulica de la

corrosión. Por lo tanto, aunque el agua de Pichincota es químicamente segura en términos de contaminantes, su pH requiere vigilancia para garantizar una gestión integral del abastecimiento.

4.2.5. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO CLORUROS

El análisis de cloruros en las fuentes de abastecimiento se realizó para determinar la concentración de iones Cl^- , los cuales suelen indicar la presencia de sales disueltas o posibles contaminaciones antropogénicas. Los resultados obtenidos en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 arrojaron valores extremadamente bajos de 0.08 meq/L y 0.02 meq/L respectivamente (equivalentes a aprox. 2.8 mg/L y 0.7 mg/L). Estas concentraciones denotan aguas de muy baja salinidad y con nula influencia de vertimientos domésticos o agrícolas. Al comparar estos datos con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, que fija un límite máximo de 250 mg/L (aprox. 7.05 meq/L), se confirma un cumplimiento holgado de la normativa. La brecha significativa entre los valores hallados y el límite permitido garantiza que el recurso es apto para el consumo humano en cuanto a este parámetro, presentando un sabor agradable y sin riesgo de corrosión para la infraestructura.

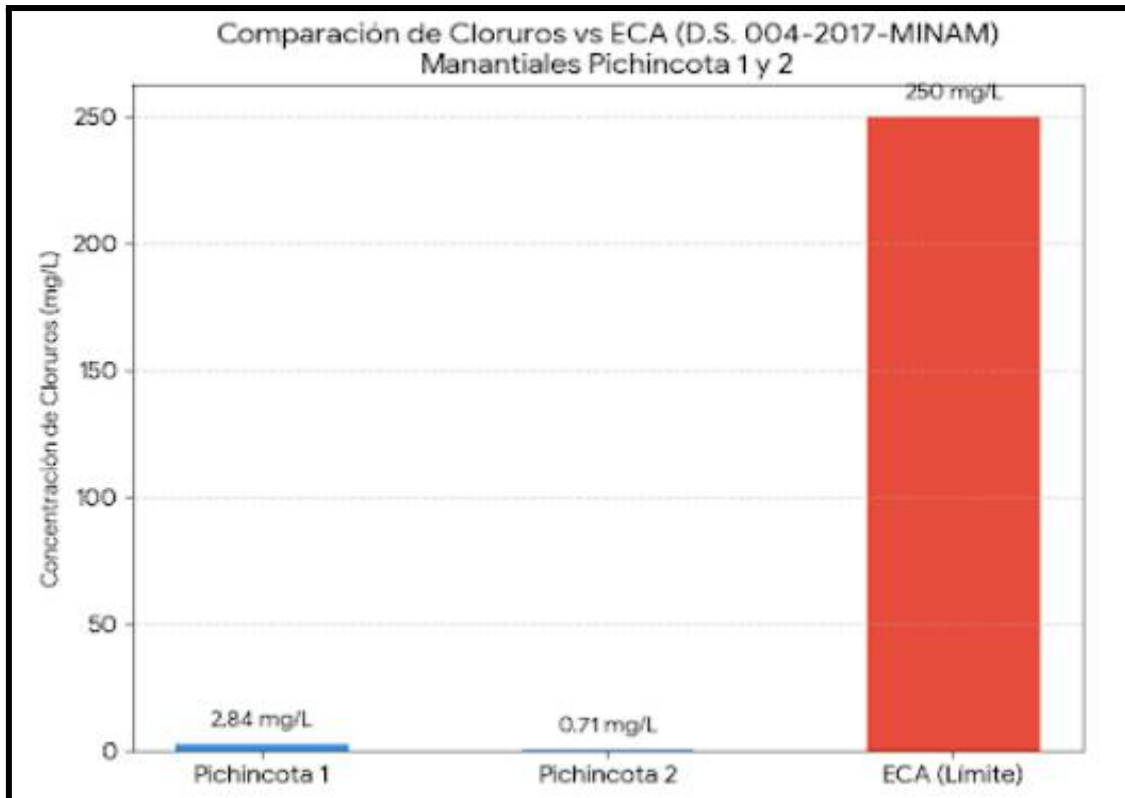


Figura 07: Valor de Cloruros del agua de los manantiales del distrito de Vilque.

Las concentraciones traza de cloruros registradas en los manantiales de Vilque (0,02–0,08 meq/L) constituyen un indicador claro de la ausencia de influencia antropogénica en las zonas de recarga. Este comportamiento concuerda con lo señalado por García (2019), quien explica que los iones cloruro funcionan como trazadores químicos conservativos, debido a que no son fácilmente retenidos ni transformados en el suelo; por ello, incrementos significativos en su concentración suelen asociarse directamente a infiltraciones de aguas residuales domésticas o a lixiviados provenientes de actividades agrícolas. En este contexto, los valores prácticamente nulos observados en el manantial de Pichincota descartan cualquier conexión hidráulica con letrinas, pozos sépticos o áreas de pastoreo intensivo, reforzando la interpretación de un acuífero poco perturbado. Asimismo, la comparación con estudios regionales revela una mejor calidad hidroquímica que la reportada por Fuentes (2021) en la región de Ayacucho, donde, pese al cumplimiento general de la normativa, se identificaron variaciones puntuales vinculadas a la mineralización del suelo y a la intervención humana. En contraste, la homogeneidad

espacial y las concentraciones mínimas de cloruros en Pichincota sugieren un sistema de flujo subterráneo desarrollado en formaciones de baja solubilidad, sin presiones antrópicas significativas, lo que garantiza una aptitud química elevada, incluso por encima de los estándares básicos de potabilidad considerados en los antecedentes analizados.

4.2.6. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SULFATOS

La determinación de la concentración de sulfatos en las fuentes de agua se realizó para evaluar la presencia de sales disueltas derivadas de la disolución de minerales como el yeso o la oxidación de sulfuros. Dado que los resultados de laboratorio se reportaron en miliequivalentes por litro (meq/L) y el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) se expresa en miligramos por litro (mg/L), se procedió a la conversión estequiométrica (factor x 48.03) para una comparación normativa válida. Los cálculos arrojan una concentración de 116.71 mg/L (2.43 meq/L) para el manantial Pichincota 1 y 115.27 mg/L (2.40 meq/L) para Pichincota 2. Ambos valores se encuentran por debajo del límite máximo de 250 mg/L establecido en el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Este cumplimiento confirma que, si bien el agua presenta una mineralización moderada consistente con su conductividad de 185 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no alcanza niveles que representen un riesgo para la salud o que alteren el sabor del recurso, calificando como apta para el consumo poblacional..

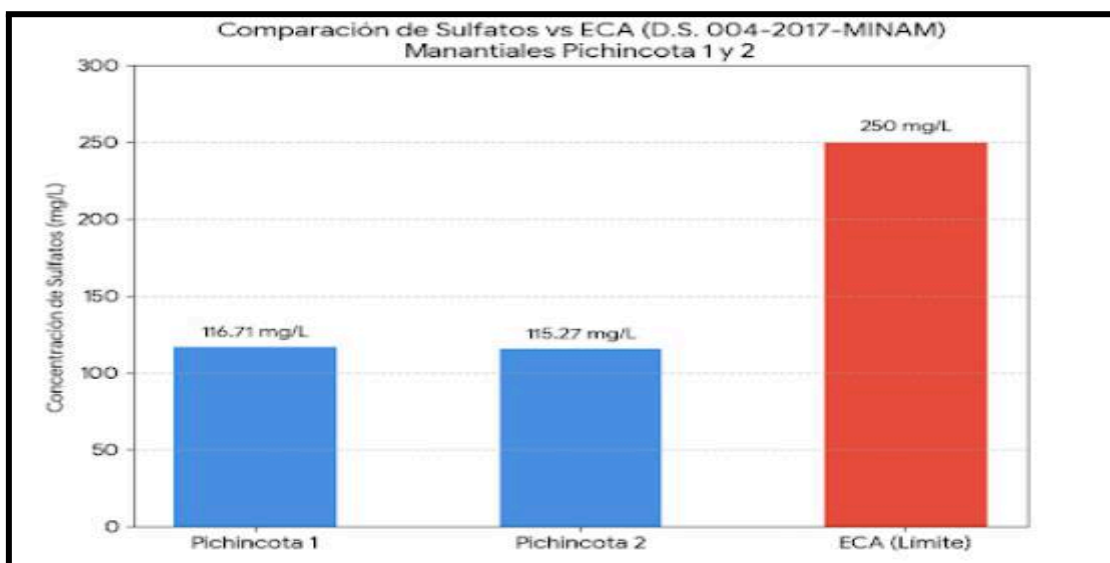


Figura 08: Concentración de sulfatos del distrito de Vilque.

Los niveles de sulfatos registrados en los manantiales de Vilque (115.27 – 116.71 mg/L) reflejan una interacción agua-roca activa pero controlada. Al contrastar estos resultados con la literatura especializada, se verifica que están lejos de los umbrales de riesgo citados por Bolaños (2017). Este autor señala que concentraciones superiores a 500 mg/L pueden generar efectos adversos en la salud, y que valores extremos (>1000 mg/L) provocan efectos laxantes inmediatos en los consumidores. La brecha significativa entre los hallazgos de Pichincota y estos límites patológicos garantiza la inocuidad del agua, descartando problemas gastrointestinales agudos asociados a la ingesta de sales de sulfato. Asimismo, la calidad observada se alinea con las recomendaciones de Hinojosa (2021), quien advierte que, aunque la normativa internacional a veces tolera hasta 400 mg/L, lo ideal para evitar trastornos digestivos crónicos o deshidratación es mantener los niveles por debajo de 250 mg/L. Los manantiales Pichincota 1 y 2 cumplen rigurosamente con este criterio de precaución sugerido por Hinojosa, validando no solo su conformidad legal con el ECA peruano, sino también su seguridad fisiológica a largo plazo para la población beneficiaria. de sabor amargo ni efectos laxantes asociados a concentraciones superiores al LMP.

4.2.7. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DUREZA TOTAL

La evaluación reportó valores de 24.86 mg/L CaCO₃ para el manantial Pichincota 1 y 22.86 mg/L CaCO₃ para Pichincota 2. De acuerdo con la escala internacional de dureza, ambos resultados clasifican al recurso hídrico como "agua blanda" (rango < 60 mg/L). Al contrastar estos hallazgos con el D.S. N.° 004-2017-MINAM, que establece un Estándar de Calidad Ambiental (ECA) máximo de 500 mg/L, se evidencia un cumplimiento holgado de la normativa. La baja concentración de carbonatos registrada favorece el uso doméstico del agua, ya que evita la formación de incrustaciones calcáreas en tuberías y utensilios de cocina, además de facilitar la acción de jabones y detergentes.

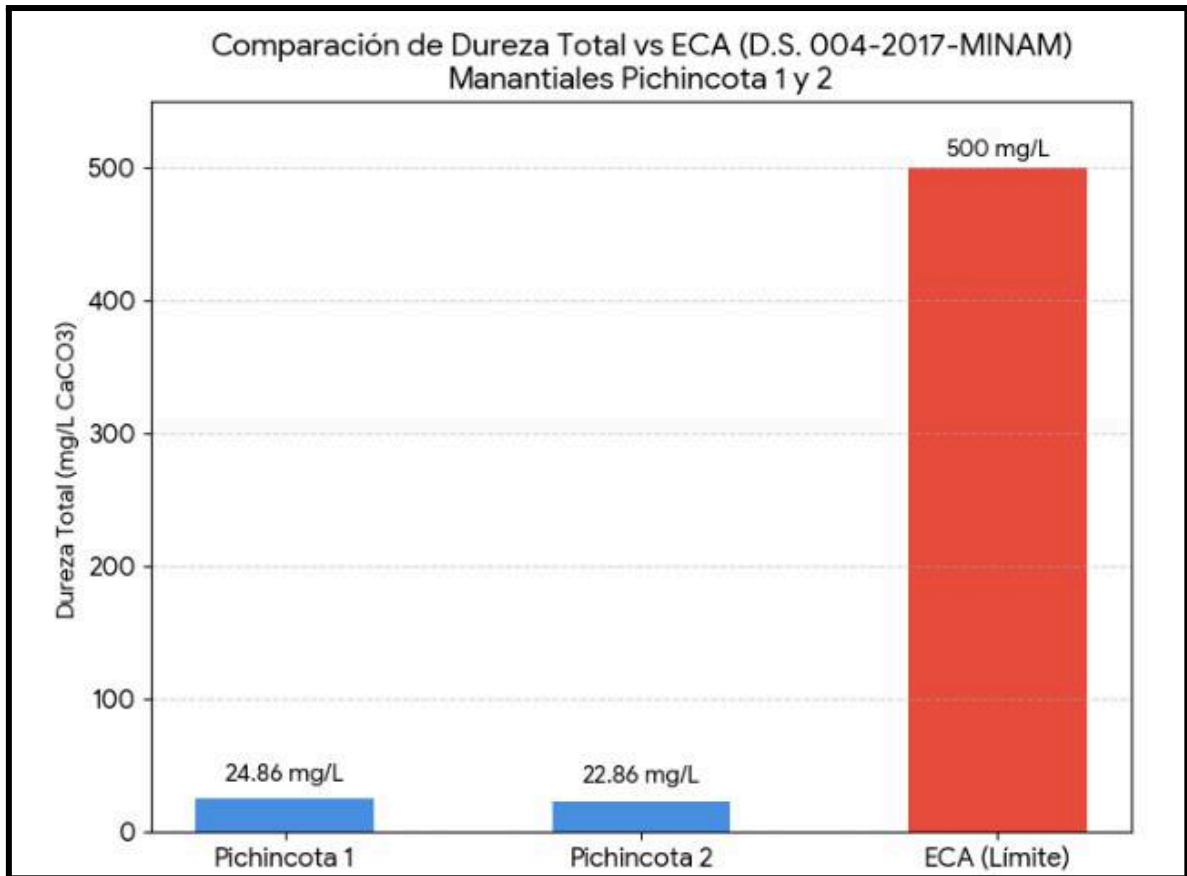


Figura 09: Valor de la Dureza Total del agua de los manantiales del distrito de Vilque.

Los bajos niveles de Sólidos Totales Disueltos registrados en los manantiales de Vilque (18.00 – 24.00 mg/L) contrastan favorablemente con los riesgos descritos por Enrique (2021). Este autor sostiene que la presencia de sólidos, tanto suspendidos como disueltos, no solo afecta las características organolépticas del agua, sino que puede estimular el desarrollo de plancton y generar efectos adversos en la salud de los consumidores. En el caso de Pichincota, la mínima concentración de sólidos disueltos descarta estos problemas, asegurando un agua cristalina y biológicamente estable, libre del sustrato necesario para la proliferación algal que preocupa a Enrique.

4.2.8. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

La determinación de nitratos en los manantiales se realizó para evaluar la posible infiltración de contaminantes nitrogenados provenientes de fertilizantes o descomposición de materia orgánica. Los análisis reportaron concentraciones de 1.09 mg/L para el manantial Pichincota 1 y 1.49 mg/L para Pichincota 2. Al contrastar estos valores con el

D.S. N.° 004-2017-MINAM, que establece un Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de 50 mg/L, se observa un cumplimiento holgado de la normativa. Los niveles detectados son sumamente bajos, lo que descarta la influencia de actividad agrícola intensiva o contaminación fecal en la zona de recarga del acuífero, confirmando la inocuidad química del recurso.

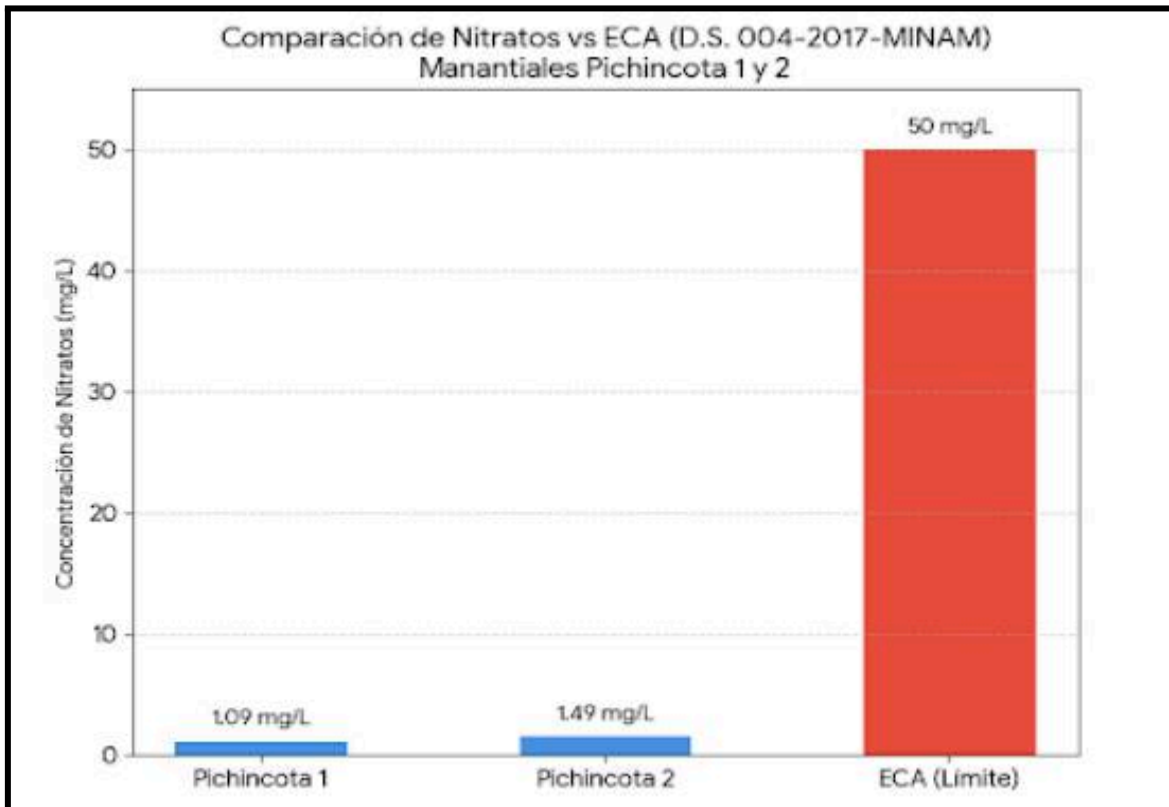


Figura 10: Valor de sólidos totales disueltos del agua de los manantiales del distrito de Vilque.

Las concentraciones de nitratos registradas en los manantiales de Vilque (1.09 – 1.49 mg/L) se mantienen dentro de los rangos naturales para aguas subterráneas no impactadas. Estos resultados coinciden con las recomendaciones de Palomares (2021), quien subraya que, aunque la normativa europea y peruana permiten hasta 50 mg/L, lo ideal para garantizar la seguridad sanitaria es mantener niveles inferiores a 25 mg/L. Los manantiales Pichincota cumplen sobradamente con este criterio de excelencia, alejándose de los riesgos de metahemoglobinemia asociados a ingestas elevadas. El escenario favorable de Vilque contrasta notablemente con los hallazgos de Duharte

(2022) y Tchoumou (2023). En sus respectivas investigaciones, ambos autores detectaron concentraciones críticas de nitratos y nitritos en fuentes de abastecimiento, atribuyéndolas a la lixiviación de fertilizantes y la falta de saneamiento básico en las zonas de captación. A diferencia de esos casos, la baja concentración en Pichincota sugiere que el entorno de los manantiales está protegido de la agricultura intensiva y de vertimientos orgánicos, validando la hipótesis de que la zona alta del distrito actúa como una cabecera de cuenca preservada.

4.3. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DEL DISTRITO DE VILQUE - PUNO - 2025

4.3.1. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TOTALES

La evaluación de la calidad microbiológica se centró en la cuantificación de Coliformes Totales, un grupo bacteriano utilizado universalmente como indicador de la eficiencia de la filtración natural del agua y de la integridad del sistema de captación. Los análisis de laboratorio arrojaron un resultado de 0.00 UFC/100 mL para el manantial Pichincota 1, demostrando una condición de esterilidad absoluta. Por otro lado, el manantial Pichincota 2 registró una presencia mínima de 0.05 UFC/100 mL. Al contrastar estos hallazgos con el D.S. N.º 004-2017-MINAM, que establece un Estándar de Calidad Ambiental (ECA) máximo de 50 UFC/100 mL para aguas de Categoría 1, se confirma que ambas fuentes cumplen satisfactoriamente con la normativa. Aunque Pichincota 2 presenta trazas detectables, estas se encuentran 1000 veces por debajo del límite de riesgo, lo que sugiere que la contaminación es incipiente y no sistémica, garantizando la aptitud del recurso para el abastecimiento, aunque se recomienda la desinfección preventiva.

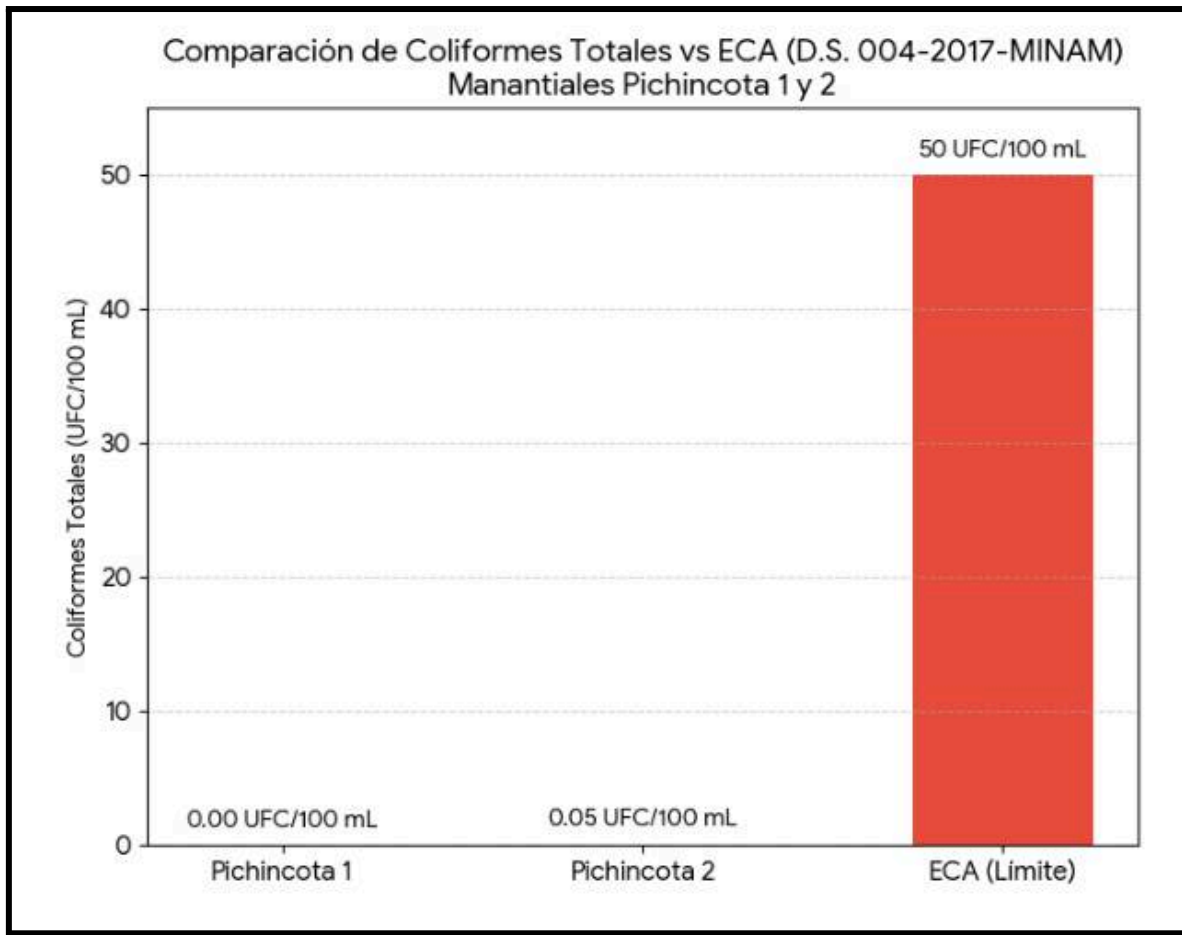


Figura 11: Concentración de coliformes totales en manantiales del distrito de Vilque.

La ausencia o presencia mínima de coliformes totales en los manantiales de Vilque (0.00 – 0.05 UFC/100 mL) refleja una protección eficaz del acuífero, coincidiendo con la definición de Larrea (2019), quien señala que este grupo bacteriano funciona como un bioindicador de contaminación ambiental; según su criterio, niveles tan bajos descartan el contacto significativo con suelos contaminados o vegetación en descomposición. Al comparar estos resultados con el contexto regional, la situación de Pichincota es considerablemente mejor que la descrita por Rossel (2022) en la ciudad de Ilaye. encontró una contaminación microbiológica generalizada en las redes de agua, atribuyéndole a deficiencias en la desinfección. En contraste, la casi nulidad de coliformes en Vilque sugiere que la fuente natural posee una calidad intrínseca superior, actuando como una barrera efectiva antes de cualquier tratamiento. Asimismo, estos hallazgos difieren positivamente de los reportes internacionales de Calente (2021) y Tchoumou

(2023). Mientras que Calente halló una presencia de coliformes que oscilaba entre 0 y 100% en sus muestras, y Tchoumou detectó concentraciones elevadas que hacían el agua no apta, los manantiales Pichincota se mantienen en un rango de seguridad. Sin embargo, la detección de 0.05 UFC en Pichincota 2 validó la advertencia de Tchoumou sobre la necesidad de vigilancia, pues aunque cumple la norma, la pérdida de la esterilidad absoluta indica una vulnerabilidad leve que no debe ser ignorada.

4.3.2 ANÁLISIS DEL PARÁMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES

La determinación de coliformes termotolerantes se realizó para identificar contaminación fecal reciente, utilizando la técnica de filtración por membrana e incubación a 44°C, conforme a los protocolos estandarizados. Los resultados obtenidos muestran una clara diferencia entre las fuentes: el manantial Pichincota 1 reportó 0.00 UFC/100 mL, garantizando su inocuidad total. En contraste, el manantial Pichincota 2 registró una concentración de 0.10 UFC/100 mL. Al comparar estos valores con el D.S. N.º 004-2017-MINAM, se observa que ambos manantiales cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental. Aunque Pichincota 2 presenta una carga microbiana detectable, esta se mantiene por debajo del límite referencial para aguas de categoría poblacional que serán sometidas a desinfección (20 UFC/100 mL según tu tabla de comparación previa). Sin embargo, la presencia de este indicador en Pichincota 2 evidencia una vulnerabilidad sanitaria que la distingue negativamente de la pureza de Pichincota 1.

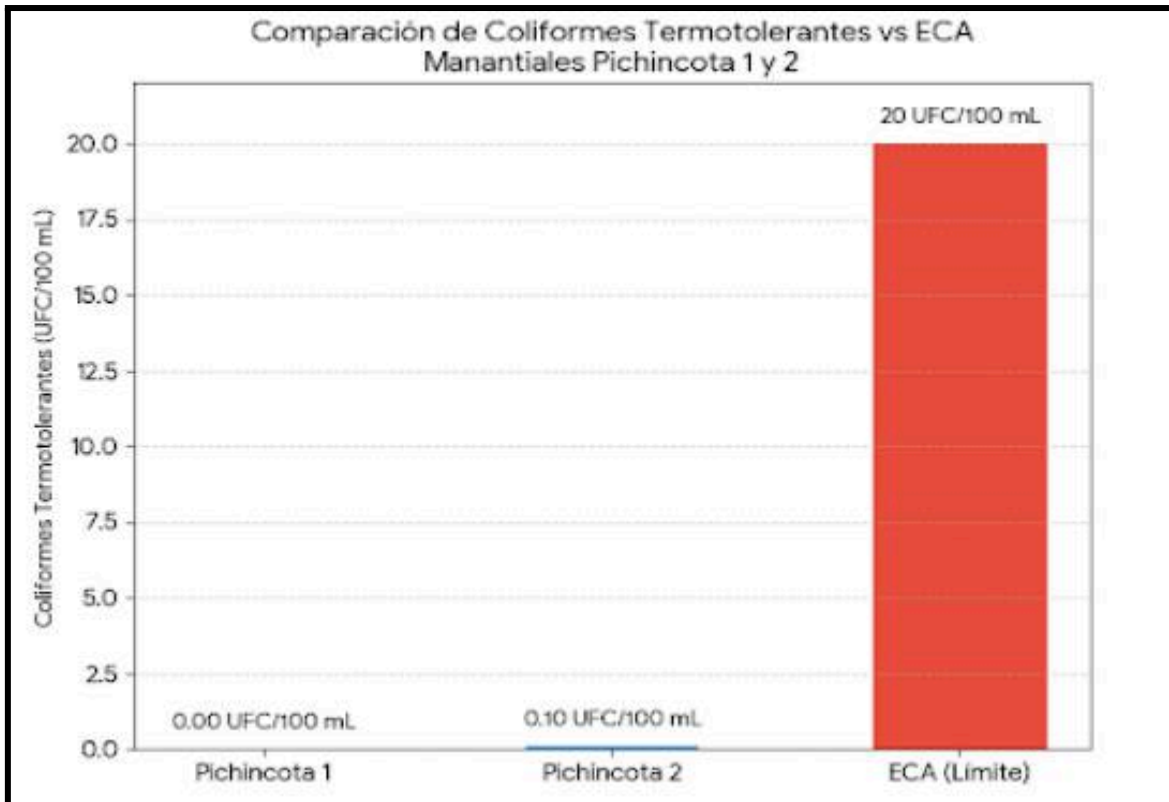


Figura 12: Concentración de coliformes termotolerantes de los manantiales del distrito de Vilque.

La detección de coliformes termotolerantes en el manantial Pichincota 2 (0,10 UFC/100 mL), aunque de baja concentración, resulta significativa en relación con el objetivo del estudio orientado a evaluar la aptitud del agua para consumo humano y la vulnerabilidad del acuífero, ya que, según Larrea (2019), estos microorganismos —principalmente *Escherichia coli*— son indicadores específicos de contaminación fecal reciente y su sola presencia sugiere un potencial riesgo sanitario asociado al ingreso de patógenos, a diferencia de lo observado en Pichincota 1, donde se registró ausencia total. Este hallazgo se relaciona cualitativamente con lo reportado por Duharte (2022), quien clasificó fuentes de agua como no aptas tras detectar coliformes fecales, pues aun cuando el valor encontrado en el presente estudio no supera el ECA y normativamente cumple con los estándares, evidencia una condición de susceptibilidad del sistema hidrogeológico más que un estado de contaminación generalizada. Asimismo, al compararlo con Calente (2021), quien reportó presencia de termotolerantes en el 100 % de sus muestras, se

infiere que el evento contaminante en Vilque es puntual, de baja intensidad y probablemente transitorio. En este contexto, los resultados permiten validar parcialmente la hipótesis planteada, confirmando una buena calidad microbiológica general del agua, pero con indicios de afectación localizada, la cual puede ser mitigada eficazmente mediante tratamientos simples de desinfección, como la cloración recomendada por Rossel (2022), asegurando así la inocuidad final del recurso hídrico.

4.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.4.1. CONTRASTE DE HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis Alterna (Ha):

La calidad del agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, en el distrito de Vilque, Puno – 2025, no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría A1).

Hipótesis Nula (Ho):

La calidad del agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, en el distrito de Vilque, Puno – 2025, cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM (Categoría 1, Subcategoría A1).

Resultados: Los análisis fisicoquímicos reportaron una turbiedad de 0.08 NTU, conductividad menor a 186 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y concentraciones de sulfatos, cloruros y nitratos muy por debajo de los límites. En el aspecto microbiológico, el manantial Pichincota 1 presentó ausencia total (0.00 UFC/100 mL) de coliformes, y aunque el manantial Pichincota 2 registró trazas mínimas (0.05 y 0.10 UFC/100 mL), estas cifras se mantienen dentro del rango permitido por la norma (50 y 20 UFC/100 mL respectivamente).

Conclusión del contraste:

Dado que todos los parámetros evaluados se encuentran dentro de los rangos permitidos, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna. Se concluye que el recurso hídrico de ambos manantiales es apto para su aprovechamiento poblacional según la normativa vigente

4.4.2. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

Hipótesis Alterna (Ha):

La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM.

Hipótesis Nula (Ho):

La concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 no excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM

.Resultados:

Los resultados mostraron valores óptimos: color <5 Pt/Co, turbiedad de 0.08 NTU, conductividad baja (174.2 - 185.2 μ S/cm) y Sólidos Totales Disueltos máximos de 24.00 mg/L (frente al límite de 1000 mg/L). Asimismo, los aniones mayoritarios (cloruros, sulfatos y nitratos) no superaron los estándares establecidos.

Conclusión del contraste:

En función de los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis nula (Ho), confirmándose que los parámetros fisicoquímicos cumplen holgadamente con los Estándares de Calidad Ambiental y no representan riesgo inorgánico.

4.4.3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Hipótesis Alterna (Ha):

La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM.

Hipótesis Nula (Ho):

La concentración de los parámetros microbiológicos del agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 no excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM.

Resultados:

Para el manantial Pichincota 1 se reportó 0.00 UFC/100 mL tanto en coliformes totales como termotolerantes. Para el manantial Pichincota 2, se obtuvieron valores de 0.05 UFC/100 mL en coliformes totales y 0.10 UFC/100 mL en termotolerantes. Al comparar estos valores con los límites normativos (50 y 20 UFC/100 mL respectivamente), se determinó que ninguno sobrepasa el estándar.

Conclusión del contraste:

Debido a que las concentraciones bacterianas son inferiores a los límites máximos permitidos por el ECA (Categoría 1-A1), se acepta la hipótesis nula (H_0), concluyendo que el agua es microbiológicamente apta, aunque se recomienda desinfección preventiva en la segunda fuente debido a la detección de trazas.

4.4.4. CONTRASTE DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

Hipótesis Alterna (H_a):

Existe diferencia significativa en la calidad del agua entre los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 del distrito de Vilque, Puno – 2025.

Hipótesis Nula (H_0):

No existe diferencia significativa en la calidad del agua entre los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 del distrito de Vilque, Puno – 2025.

Resultados:

El análisis comparativo evidenció una marcada homogeneidad hidroquímica, con valores muy próximos de conductividad eléctrica (185.2 vs 174.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una turbidez idéntica (0.08 NTU) en ambos puntos. Las variaciones en los parámetros microbiológicos y químicos fueron mínimas y no alteraron la clasificación de aptitud de ambas fuentes.

Conclusión del contraste:

Se acepta la hipótesis nula (H_0), determinando que no existe una diferencia significativa en la calidad global de las aguas, lo que sugiere que ambos afloramientos provienen de un mismo sistema acuífero con condiciones geológicas uniformes.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La evaluación de la calidad del agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, ubicados en la zona alta del distrito de Vilque, provincia de Puno, determina que el recurso hídrico es apto para su aprovechamiento poblacional, al cumplir satisfactoriamente con todos los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

SEGUNDA: Los resultados evidencian que las concentraciones de los parámetros físicos y químicos se mantuvieron holgadamente por debajo de los límites máximos permitidos, es así que la turbidez registró un valor de 0.08 NTU en ambos manantiales, sin superar el límite de 5 NTU establecido por el ECA, lo que indica una ausencia de sedimentos y una transparencia óptima. Asimismo, los Sólidos Totales Disueltos alcanzaron un máximo de 24.00 mg/L, cumpliendo sobradamente con el estándar de 1000 mg/L, mientras que compuestos como los nitratos (1.49 mg/L) y sulfatos (116.71 mg/L) tampoco excedieron sus respectivos límites de 50 mg/L y 250 mg/L. Por lo tanto, conforme al D.S. N.º 004-2017-MINAM – Categoría 1, Subcategoría A1, se concluye que el agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 posee una calidad fisicoquímica que la hace apta para el consumo humano, al no presentar elementos inorgánicos en niveles de riesgo.

TERCERA: Respecto a los parámetros microbiológicos, la concentración de Coliformes Totales fue de 0.00 UFC/100 mL en Pichincota 1 y de 0.05 UFC/100 mL en Pichincota 2, valores muy inferiores al límite de 50 UFC/100 mL establecido por el ECA, lo que refleja una carga bacteriana mínima y controlada. De igual manera, los Coliformes Termotolerantes registraron 0.00 UFC/100 mL y 0.10 UFC/100 mL respectivamente, cumpliendo con el estándar referencial de 20 UFC/100 mL. Por lo tanto, conforme al D.S.

N.º 004-2017-MINAM – Categoría 1, Subcategoría A1, se concluye que el agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2 es apta para el consumo humano.

CUARTA: Finalmente, se determina que no existe una diferencia significativa entre la calidad global de las aguas de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2. El análisis comparativo evidencia una marcada homogeneidad hidroquímica, reflejada en la proximidad de sus valores de conductividad eléctrica (185.2 vs 174.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una turbidez idéntica (0.08 NTU). Estos resultados sugieren que ambos afloramientos provienen de un mismo sistema acuífero, caracterizado por condiciones geológicas uniformes.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la Municipalidad Distrital de Vilque, a través del Área Técnica Municipal (ATM): se recomienda institucionalizar un cronograma de monitoreo periódico de la calidad del agua en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, con el propósito de identificar oportunamente cualquier variación crítica en sus parámetros físico-químicos y, especialmente, en los microbiológicos, dada la vulnerabilidad detectada. Paralelamente, es imperativo implementar acciones de saneamiento ambiental en el perímetro de protección de las fuentes, tales como la gestión adecuada de residuos sólidos y el control de la actividad ganadera o agrícola circundante, a fin de blindar estos afloramientos contra contaminantes externos.

SEGUNDA: Se recomienda con el objetivo de implementar un sistema de tratamiento adecuado priorizando la desinfección en los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, que incluya un proceso de monitoreo continuo y garantice la calidad del agua para el consumo humano, se recomienda a los vecinos y a la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) gestionar ante la Municipalidad Distrital de Vilque las acciones técnicas y presupuestales necesarias para su pronta ejecución.

TERCERA: Se recomienda gestionar ante la Municipalidad Distrital de Vilque la realización de un estudio hidrogeológico comparativo que contemple análisis isotópicos, caracterización geoquímica y monitoreo de flujos subterráneos, con el fin de determinar con precisión científica el grado de homogeneidad en la calidad del agua de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, permitiendo así una gestión integral y eficiente del acuífero compartido.

CUARTA: A la población del distrito de Vilque, priorizar el mejoramiento de la infraestructura de captación de los manantiales Pichincota 1 y Pichincota 2, enfocándose en la instalación de cercos perimétricos de protección y la impermeabilización de las cámaras de reunión. Estas medidas físicas son indispensables para mitigar la vulnerabilidad sanitaria detectada, especialmente en la segunda fuente, evitando el ingreso de escorrentías superficiales y restringiendo el acceso de animales a la zona de afloramiento, asegurando así la integridad de la barrera sanitaria primaria del sistema de abastecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- ANA. (2020). ANA difundió resultados de la calidad del agua de 91 puntos identificados en Puno. Recuperado 16 de enero de 2024, de <https://www.gob.pe/institucion/ana/noticias/323432-ana-difundio-resultados-de-la-calidad-del-agua-de-91-puntos-identificados-en-puno>
- Bauer, J. L. (2020). CAPÍTULO 4 CALIDAD DEL AGUA.
- Bolaños. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Calente, T. J. N. (2021). Physical-chemical and microbiological quality of water used for public supply in the municipality of Alvorada D'Oeste, Rondônia, Brazil. *Research, Society and Development*, 10(11), e198101119357. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19357>
- Chulluncuy, N. C. (2021). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 0(029), 153. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>
- Cyted. (2019). INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL EN AGUAS.
- DIGESA. (2010). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Duarte, L. (2022). Evaluación de la calidad del agua del manantial "El Paraíso" en Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Química*, 34(2), 303-314.
- Enrique. (2021, febrero 20). Sólidos en suspensión y sedimentos—AcquaPhi. Recuperado 25 de febrero de 2024, de <https://acquaphi.com/es/benefits/schwebende-feststoffe-und-sedimente/>
- Fuentes, M. A. M. (2021). EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN EL CENTRO POBLADO DE SACSAMARCA, REGIÓN AYACUCHO, PERÚ.
- Funcagua. (2020, abril 6). Qué es el agua—Funcagua. Recuperado 25 de febrero de 2024, de <https://funcagua.org.gt/que-es-el-agua/>

- García. (2019). CLORUROS TOTALES EN EL AGUA DE ABASTECIMIENTO.
- Hinojosa. (2021). OXIDACIÓN DE SULFUROS: IMPORTANTE PROCESO DE PRETRATAMIENTO.
- Larrea. (2019). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: Revisión de la literatura. 44(3).
- Llamosas Barriga, H. R. (2022). Implementación de un sistema de vigilancia ambiental participativa de la calidad agua del río Colca, Caylloma – Arequipa. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14589>
- Mamani, C. B. T. (2020). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Revista de Salud Pública*, 18(6), 904-912. <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n6.55008>
- Martínez, P. (2021, abril 9). La contaminación del agua en la minería | Observatorio Económico Latinoamericano OBELA. Recuperado 16 de enero de 2024, de <https://www.obela.org/analisis/la-contaminacion-del-agua-en-la-mineria>
- Mendez, S. (2022). Physical and Chemical Study of Water from the Underground of Ichuña, Moquegua, Perú. *American Journal of Environmental Science and Engineering*, 6(1), 44. <https://doi.org/10.11648/j.ajese.20220601.16>
- Minam. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
- Ministerio de Salud. (2014). NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO.
- MINSA. (2023). Puno: MINSA monitoreó la calidad del agua y suelo ante el afloramiento de agua ocurrido en el distrito de Paratia | DIGESA. Recuperado 16 de enero de 2024, de <http://www.digesa.minsa.gob.pe/noticias/abril2023/nota41.asp>
- Nieto. (2021). La gestión del agua: Tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, (36), 157-176.
- OECD. (2021). Gobernanza del Agua en Perú. <https://doi.org/10.1787/f826f55f-es>

Orellana, I. J. A. (2021). *TRATAMIENTO DE LAS AGUAS*.

Palomares. (2021, mayo 19). *Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento*. Recuperado 25 de febrero de 2024, de <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>

Peralta. (2021). *Insights from Water Quality of High Andean Springs for Human Consumption in Peru*. *Water*, 13(19), 2650. <https://doi.org/10.3390/w13192650>

Quispe, M., y Antonio, M. (2020). *Análisis comparativo de los índices de calidad de agua de los ríos Lampa y Cabanillas*. *Universidad Nacional del Altiplano*. Recuperado de <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3275602>

Rodríguez, R. (2022). *Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza*. *Revista Española de Salud Pública*, 77(3), 423-432. <https://doi.org/10.1590/S1135-57272003000300012>

Rojas, R. P. (2021). *CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO POBLACIONAL, EN LA LOCALIDAD DE OCUVIRI, DISTRITO DE OCUVIRI, PROVINCIA DE LAMPA – PUNO*.

Rolin Gonzales, T. (2018). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el asentamiento humano Señor de los Milagros, distrito de Yarinacocha—Region Ucayali—2018*. *Universidad Nacional de Ucayali*. Recuperado de <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3845>

Rossel, L. J. (2022). *Quality Control of Drinking Water in the City of Ilave, Region of Puno, Peru*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10779. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710779>

Solís-Castro, Y., Zúñiga-Zúñiga, L. A., y Mora-Alvarado, D. (2018). *La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica*. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 35. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>

Tchoumou. (2023). *Physicochemical and microbiological quality of spring water consumed by the inhabitants of the districts of Madibou in Brazzaville, Republic of CONGO*.

World Journal of Advanced Research and Reviews, 17(3), 356-364.

<https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.17.3.0240>

UNESCO. (2023, marzo 25). *Riesgo inminente de una crisis mundial del agua (UNESCO/ONU-Agua) | UNESCO*. Recuperado 17 de enero de 2024, de <https://www.unesco.org/es/articles/riesgo-inminente-de-una-crisis-mundial-del-agua-a-unesco/onu-agua>

Vargas Maquera, M. C. (2021). *Determinación de índice simplificado de calidad de agua en el río Chili, Arequipa 2019*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12585>

ANEXO

Anexo 01: Matriz de consistencia: MATRIZ DE CONSISTENCIA: CALIDAD DEL AGUA DE MANANTIALES EN EL DISTRITO DE VILQUE PUNO - 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>-¿Cuál es la calidad del agua de manantiales en el distrito de Vilque - Puno - 2025 de acuerdo a los ECAS establecidos en el D.S. 004 - 2017 MINAM?</p> <p>Específicos</p> <p>-¿Qué parámetros físicoquímicos de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025 exceden los ECAS establecidos en el D.S. 004 - 2017 MINAM?</p> <p>-¿Qué parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025 exceden los ECAS establecidos en el D.S. 004 - 2017 MINAM?</p> <p>-¿Qué diferencia existe entre la calidad de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno?</p>	<p>General</p> <p>-Evaluar la calidad del agua de los manantiales en el distrito de Vilque - Puno - 2025 bajo el D.S. 004 - 2017 MINAM.</p> <p>Específicos</p> <p>-Determinar la concentración de los parámetros físicoquímicos de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, de acuerdo al D.S. 004 - 2017 MINAM.</p> <p>-Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, de acuerdo al D.S. 004 - 2017 MINAM.</p> <p>-Determinar la diferencia entre la calidad de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno.</p>	<p>General</p> <p>-La calidad del agua de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, no cumple con los ECAS establecidos en el D.S. 004 - 2017 MINAM.</p> <p>Específicas</p> <p>-Algunos parámetros físicoquímicos del agua procedente de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, superan los ECAS establecidos en el D.S. 004 - 2017 MINAM.</p> <p>-Algunos parámetros microbiológicos en el agua procedente de los manantiales del distrito de Vilque - Puno - 2025, superan los ECAS establecidos en el D.S. 004 - 2017 MINAM.</p> <p>No existe diferencia significativa entre la calidad de las aguas de los manantiales del distrito de Vilque - Puno.</p>	<p>Independiente</p> <p>e</p> <p>Manantiales</p>	<p>Físico</p>	<p>Color</p> <p>Turbiedad</p> <p>Conductividad eléctrica (CE)</p> <p>Sólidos totales disueltos</p> <p>pH</p> <p>Cloruros</p> <p>Sulfatos</p> <p>Dureza Total</p> <p>Nitratos</p> <p>Químico</p> <p>Coliformes totales</p> <p>Coliformes fecales o termotolerantes</p>	<p>Diseño: experimental</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Población y Muestra: Dos manantiales de agua.</p> <p>Técnicas: Guía para la toma de muestras.</p> <p>Instrumentos: D.S. 004 - 2017 MINAM.</p>

Anexo 02: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S.
004-2017-MINAM.

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdógeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₆ - C ₂₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromoclorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁴	<5x10 ⁴

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	$\text{mg SO}_4^{-} \text{L}^{-1}$	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. Manganeso	mg Mn L^{-1}	0,4
14. Aluminio	mg Al L^{-1}	0,2
15. Cobre	mg Cu L^{-1}	2,0
16. Zinc	mg Zn L^{-1}	3,0
17. Sodio	mg Na L^{-1}	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad



ANEXO III
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

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



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.

-Etapa 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 +/- 0,1, +/- 3 % conductividad y +/- 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 del distrito de Vilque.



Figura 14: Toma de la última muestra de los manantiales del distrito de Vilque.



Figura 15: Toma de muestras del punto de captación manantial del distrito de Vilque.




Figura 16: Conservación de las muestras tomadas del manantial del distrito de Vilque.



Figura 17: Conservación de las muestras tomadas del manantial del distrito de Vilque.

Anexo 05: Resultado de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos del centro poblado del distrito de Vilque.



BHIOS
LABORATORIOS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CDN REGISTRO N° LE-055



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación
Autorizado
Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 944-2025
PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: ANBAL CASTILLO VILCA
DIRECCIÓN	: J.R.LOS INCAS 148
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA POTABLE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA	: PINCHICOTA 1
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: 02/08/2025 16:33 Procedencia: 19K 464463, 8169213.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 3350 mL aprox. Compuesta por 01 envase PE de 1000 mL, 01 envase vidrio de 250 mL para análisis MB. 01 envase PE de 1000 mL, 02 envases PE de 500 mL, 01 envase PE de 100 mL para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de vidrio y polietileno, cerrados y etiquetados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.5 °C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 01647-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 03/08/2025

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-06-F-05-E Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: OT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG

Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Figura 18: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del centro poblado de Tajquina.

INFORME DE ENSAYOS N° 944-2025
PÁGINA 2 DE 3

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	PNCHICOTA 1	UNIDADES
MB	Numeración de Coliformes totales	0.00	NMP/100mL
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	0.00	NMP/100mL
MB	Larvas de Helminfos (Cuantificación 1L)*	<1	Org./L
MB	Recuento de Heterótrofos en Placa	18(e)	ufc/mL
MB	Quistes y oquistes de protozoarios patógenos. (Cuantificación 1L)*	<1	Quistes/L
MB	OVL-Nemátodos (Cuantificación)*	<1	Org./L
MB	OVL-Rotíferos (Cuantificación)*	<1	Org./L
MB	OVL-Protozoarios (Cuantificación)*	960	Org./L
MB	Numeración de Escherichia coli (NMP)	2.2	NMP/100mL
MB	OVL-Algas (Cuantificación)*	<1	Org./L
MB	OVL-Copepodos (Cuantificación)*	<1	Org./L
MB	Huevos de Helminfos (Cuantificación 1L)*	<1	Huevos/L
FQ	Cloro Libre (Cl ₂)*	<0.02	mg/L
FQ	Turbidez*	0.08	NTU
FQ	Sólidos Totales Disueltos	24	mg/L
FQ	pH*	6.9	U de pH
FQ	Dureza Total (como CaCO ₃)	24.86	mg/L
FQ	Conductividad	185.2	µS/cm
FQ	Cloro Total (Cl ₂)*	<0.02	mg/L
FQ	Cianuro Total*	<0.01	mg/L
FQ	Color*	<5	U de color

ABREVIATURAS:

ufc/mL	: Unidades formadoras de colonia por mililitro
U de color	: Unidades de color
Huevos/L	: Huevos por litro
mg/L	: Miligramos por litro
µS/cm	: Microsiemens por centímetro
Org./L	: Organismos por litro
NMP/100mL	: Número más probable por 100 mililitros
NTU	: Unidades nefelométricas de turbidez
U de pH	: Unidades de pH
Quistes/L	: Quistes por litro

MÉTODOS UTILIZADOS:

Numeración de Coliformes totales	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9221-B, Pag. 1-8, 24th Ed. 2023. Multiple tube fermentation technique for members of the coliform group: Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9221-E, Pag. 10-11, 24th Ed. 2023. Multiple Tube fermentation technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedures (EC Medium).
Larvas de Helminfos (Cuantificación 1L)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 10000. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.
Recuento de Heterótrofos en Placa	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9215-B, Pag. 1-5, 23rd Ed. 2017. Heterotrophic Plate Count: Four Plate Method.
Quistes y oquistes de protozoarios patógenos. (Cuantificación 1L)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9711 Pathogenic Protozoa Pag. 1 a 5. / Part 10000. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.
OVL-Nemátodos (Cuantificación)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 10000. 10700 Nematological Examination. Pag. 10-98 a 10-113. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.
OVL-Rotíferos (Cuantificación)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 10000. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.
OVL-Protozoarios (Cuantificación)	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9711 Pathogenic Protozoa Pag. 1 a 5. / Part 10000. 10900 Identification of Aquatic Organisms. 23rd Ed. 2017.

PPP-08-F-05-E Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG Página 2 de 2

Av. Quíñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

Figura 19: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del distrito de Vilque.



Figura 20: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del distrito de Vilque.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación
Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 943-2025

PÁGINA 1 DE 3

SOLICITANTE	: ANBAL CASTILLO VILCA
DIRECCIÓN	: JR LOS INCAS 148
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA POTABLE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido transparente.
CODIFICACIÓN / MARCA	: PINCHICOTA 2
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: 02/08/2025 16:33 Procedencia: 19K 464463, 8169213.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 3350 mL aprox. Compuesta por 01 envase PE de 1000 mL, 01 envase vidrio de 250 mL para análisis MB. 01 envase PE de 1000 mL, 02 envases PE de 500 mL, 01 envase PE de 100 mL para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de vidrio y polietileno, cerrados y etiquetados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.5 °C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 01647-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 03/08/2025

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-E Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/02/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG
Página 1 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Figura 21: Certificado de análisis de los parámetros Organoléptico, químico y microbiológicos de las muestras del manantial del distrito de Vilque.

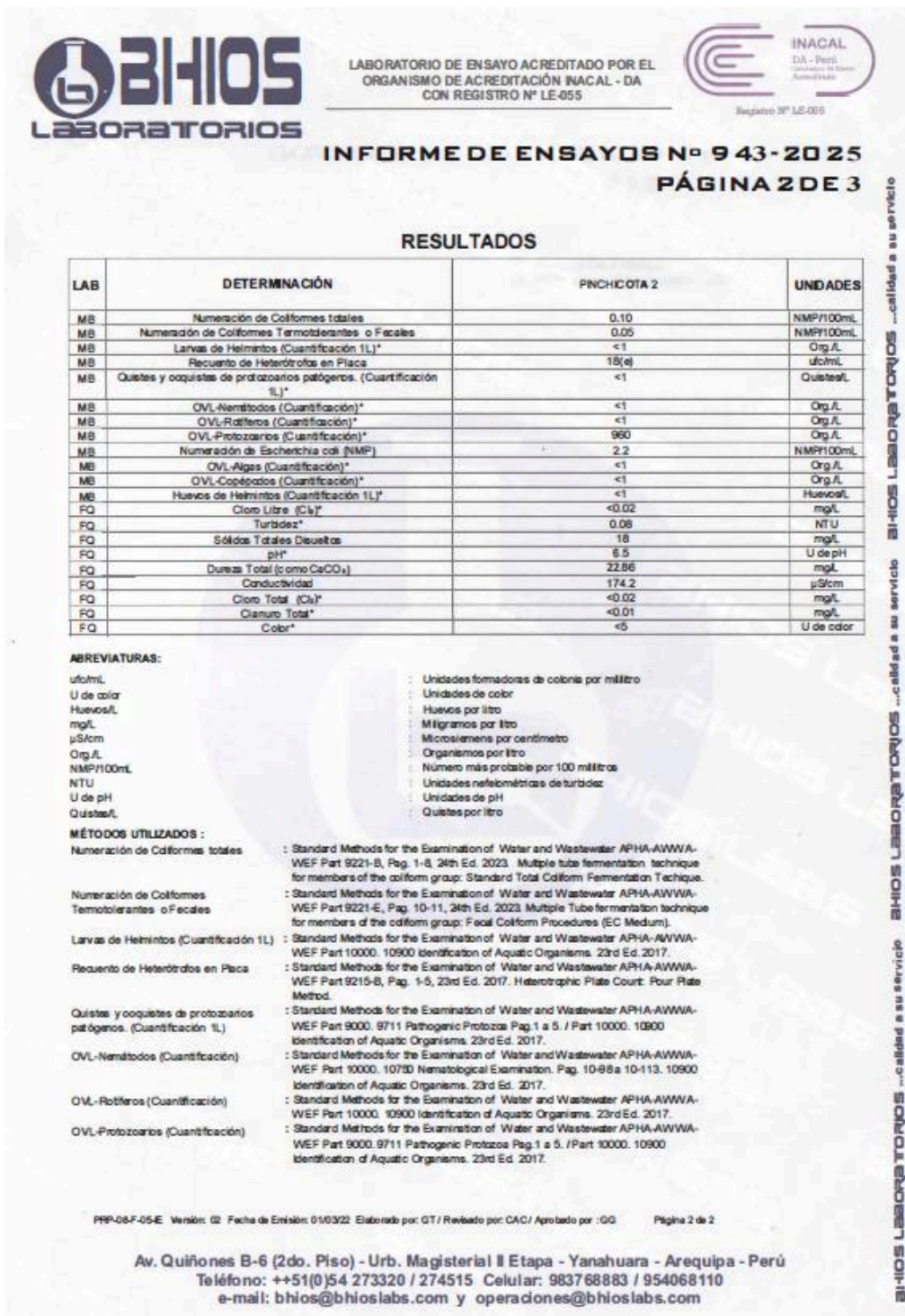


Figura 22: Certificado de análisis de los parámetros microbiológicos de las muestras de del distrito de Vilque.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de
Acreditado

Registro N° LE-055

INFORME DE ENSAYOS N° 943-2025
PÁGINA 3 DE 3

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Metales Totales (DS 031) : EPA METHOD 6020 B, Rev. 2, July 2014 (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry

OBSERVACIONES :
* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA
^ Este símbolo, indica un exponente.
LC: Límite de cuantificación del método.
Cualquier valor precedido por "[^]" indica menor al límite de cuantificación del método
(e) : Recuento estimado.
LD: Límite de detección del método.

Aniones (DS 031)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	PINCHICOTA	UNIDADES
FQ	Cloruro (Cl ⁻) [^]	0.01	0.10	1.40	mg/L
FQ	Fluoruro (F ⁻) [^]	0.001	0.010	0.053	mg/L
FQ	Nitrato (NO ₃ ⁻) [^]	0.01	0.10	1.49	mg/L
FQ	Nitrato (NO ₂ ⁻) [^]	0.002	0.020	<0.020	mg/L
FQ	Sulfato (SO ₄ ⁻²) [^]	0.01	0.10	2.40	mg/L

ABREVIATURAS:
mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :
Aniones (DS 031) : Environmental Protection Agency, Method 300.0 Determination of Inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993

OBSERVACIONES :
* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA
^ Este símbolo, indica un exponente.
LC: Límite de cuantificación del método.
Cualquier valor precedido por "[^]" indica menor al límite de cuantificación del método
(e) : Recuento estimado.
LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 03/09/2025 al 10/08/2025
MB 03/09/2025 al 10/09/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 20/09/2025



Bto. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BIHOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Figura 23: Certificado de análisis de los parámetros Microbiológicos de las muestras del distrito de Vilque.