

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

CALIDAD DEL AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO

DE PILCUYO 2025

PRESENTADA POR:

ROMER ADEMAR AROCUTIPA CHURATA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2025



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/)



7.93%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 10 DEC 2025, 7:37 PM

Similarity report

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

● IDENTICAL
0.77%

● CHANGED TEXT
7.15%

Report #30592497

ROMER ADEMAR AROCUTIPA CHURATA // CALIDAD DEL AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE PILCUYO 2025 RESUMEN La investigación evaluó la calidad del agua potable destinada al consumo humano en el distrito de Pilcuyo durante el año 2025, determinando su cumplimiento frente a los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos establecidos por el D.S. N.º 031-2010-SA. El estudio se desarrolló en cuatro puntos del sistema de abastecimiento: captación (M1), reservorio (M2), primera vivienda (M3) y última vivienda (M4). Los análisis microbiológicos se realizaron mediante filtración por membrana para coliformes totales y método enzimático para Escherichia coli. Los parámetros organolépticos fueron evaluados sensorialmente y los parámetros químicos se determinaron mediante técnicas espectrofotométricas y electrométricas. Los resultados mostraron incumplimiento en el parámetro microbiológico: los coliformes totales registraron 4 NMP/100 mL en M1, 3 NMP/100 mL en M2, 9 NMP/100 mL en M3 y 23 NMP/100 mL en M4, todos por encima del límite permisible de 0 NMP/100 mL. No se detectó E. coli en ningún punto (<3 NMP/100 mL). Los parámetros organolépticos cumplieron la normativa: el agua se presentó incolora, inodora y con aspecto líquido en todos los puntos. Entre los parámetros químicos inorgánicos también se observó cumplimiento. Los sólidos disueltos totales (TDS) variaron entre 0.07 y 0.14 g/L, el pH entre 7.49 y

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

**CALIDAD DEL AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO
DE PILCUYO 2025**

PRESENTADA POR:

ROMER ADEMAR AROCUTIPA CHURATA

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:


INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

: 
M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dra. CELIA VERENISSE ÓRTIZ DE ORUE ROJAS

ASESOR DE TESIS

: 
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 15 de diciembre del 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, cuya fortaleza y cariño han sido el pilar que ha sostenido cada uno de mis pasos. A mis padres, por su amor incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo y por recordarme siempre que los sueños se construyen con perseverancia.

A quienes, aun en silencio, me brindaron apoyo, comprensión y paciencia en los momentos de mayor exigencia. Cada logro alcanzado lleva consigo una parte de ustedes.

Con gratitud profunda, esta meta culminada es también suya.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por concederme la fortaleza necesaria en cada etapa de este camino académico y personal, iluminando mis decisiones y permitiéndome avanzar incluso en los momentos de mayor desafío.

A mis padres, cuya paciencia, dedicación y amor incondicional han sido el pilar fundamental de mi formación. Cada palabra de aliento y cada gesto de apoyo han sostenido mis pasos y me han recordado el valor de la perseverancia.

A mis docentes de la Universidad Privada San Carlos, quienes, con compromiso y vocación, guiaron mi aprendizaje con rigor académico y profundo sentido humano. Gracias por compartir sus conocimientos y por impulsar en mí una mirada crítica y responsable hacia la realidad ambiental de nuestra región.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	14
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	14
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	17
1.2.3. A NIVEL REGIONAL	19
1.3. OBJETIVOS	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	22
2.2. MARCO CONCEPTUAL	23

2.3. MARCO NORMATIVO	24
2.4. HIPÓTESIS	24
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	24
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	25
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	26
3.2.1. POBLACIÓN	26
3.2.2. TAMAÑO DE MUESTRA	26
3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS	27
3.3.1. MÉTODO	27
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	30
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO	30
CAPÍTULO IV	
EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. OBJETIVO 1: ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN EL PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO, DEL DISTRITO DE PILCUYO.	31
4.2. OBJETIVO 2: ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN EL PARÁMETRO ORGANOLÉPTICO, DEL DISTRITO DE PILCUYO.	34
4.3. OBJETIVO 3: ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN EL PARÁMETRO QUÍMICO INORGÁNICO, DEL DISTRITO DE PILCUYO.	36
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
4.5. CONTRASTE DE HIPÓTESIS	46
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	50

BIBLIOGRÁFICA	52
ANEXOS	55

ÍNDICE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Matriz de operacionalización de variables	30
Tabla 02: Resultados microbiológicos Coliformes Totales del agua potable en el sistema de abastecimiento de Pilcuyo	32
Tabla 03: Resultados microbiológicos Coliformes Termotolerantes del agua potable en el sistema de abastecimiento de Pilcuyo	33
Tabla 04: Parámetros organolépticos del agua potable del distrito de Pilcuyo	34
Tabla 05: Sólidos disueltos totales (TDS) del agua potable del distrito de Pilcuyo (2025)	36
Tabla 06: Resultados de pH del agua potable del distrito de Pilcuyo (2025)	38
Tabla 07: Resultados de Conductividad eléctrica del agua potable del distrito de Pilcuyo	39
Tabla 08: Dureza total del agua potable del distrito de Pilcuyo	41
Tabla 09: Cloruros del agua potable del distrito de Pilcuyo	42
Tabla 10: Sulfatos del agua potable del distrito de Pilcuyo	43
Tabla 11: Nitratos del agua potable del distrito de Pilcuyo	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Mapa de ubicación del distrito de Pilcuyo	25
Figura 02: Acuífero Sector Alfonso Ugarte (P-1)	26
Figura 03: Resultados de coliformes totales en el sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo (NMP/100 mL).	31
Figura 04: Resultados de coliformes termotolerantes en el sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo (NMP/100 mL).	33
Figura 05: Resultados de sólidos disueltos totales del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo (NMP/100 mL).	36
Figura 06: Resultados de pH del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo (NMP/100 mL).	37
Figura 07: Resultados de Conductividad eléctrica del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo (NMP/100 mL).	39
Figura 08: Resultados de Dureza tota del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo	40
Figura 09: Resultados de Cloruros del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo	42
Figura 10: Resultados de Sulfatos del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo	43
Figura 11: Resultados de Nitratos del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo	44
Figura 12: Toma de muestra de reservorio de Pilcuyo	59
Figura 13: Captación de agua	59
Figura 14: Toma de muestra primera vivienda - Pilcuyo	60
Figura 15: Toma de muestra última vivienda - Pilcuyo	60

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de Consistencia	56
Anexo 02: D.S 031 -2010 Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano	57
Anexo 03: Resultados de los Análisis de calidad de agua de Pilcuyo	58
Anexo 04: Fotografías de la toma de muestra del agua potable Pilcuyo	59

RESUMEN

La investigación evaluó la calidad del agua potable destinada al consumo humano en el distrito de Pilcuyo durante el año 2025, determinando su cumplimiento frente a los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos establecidos por el D.S. N.° 031-2010-SA. El estudio se desarrolló en cuatro puntos del sistema de abastecimiento: captación (M1), reservorio (M2), primera vivienda (M3) y última vivienda (M4). Los análisis microbiológicos se realizaron mediante filtración por membrana para coliformes totales y método enzimático para *Escherichia coli*. Los parámetros organolépticos fueron evaluados sensorialmente y los parámetros químicos se determinaron mediante técnicas espectrofotométricas y electrométricas. Los resultados mostraron incumplimiento en el parámetro microbiológico: los coliformes totales registraron 4 NMP/100 mL en M1, 3 NMP/100 mL en M2, 9 NMP/100 mL en M3 y 23 NMP/100 mL en M4, todos por encima del límite permisible de 0 NMP/100 mL. No se detectó *E. coli* en ningún punto (<3 NMP/100 mL). Los parámetros organolépticos cumplieron la normativa: el agua se presentó incolora, inodora y con aspecto líquido en todos los puntos. Entre los parámetros químicos inorgánicos también se observó cumplimiento. Los sólidos disueltos totales (TDS) variaron entre 0.07 y 0.14 g/L, el pH entre 7.49 y 7.56, y la conductividad eléctrica entre 120 y 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La dureza total se ubicó entre 68.4 y 148.2 mg/L CaCO_3 , los cloruros entre 14.18 y 39.71 mg/L, los sulfatos entre 24 y 56 mg/L, y los nitratos entre 0.05 y 0.07 mg/L, todos dentro de los límites establecidos por el reglamento. Se concluye que, aunque el agua presenta condiciones organolépticas y químicas adecuadas, no es apta para consumo humano directo debido al incumplimiento microbiológico, principalmente asociado a deficiencias en la desinfección y deterioro de la red de distribución.

Palabras clave: Agua potable, Calidad del agua, Coliformes totales, Parámetros químicos.

ABSTRACT

The present study evaluated the quality of drinking water intended for human consumption in the district of Pilcuyo during the year 2025, determining its compliance with the microbiological, organoleptic, and inorganic chemical parameters established by Supreme Decree N.º 031-2010-SA. The research was conducted at four strategic points of the water supply system: the catchment area (M1), reservoir (M2), first household connection (M3), and last household connection (M4). Microbiological analyses were performed using membrane filtration for total coliforms and an enzymatic method for *Escherichia coli*. Organoleptic parameters were evaluated through sensory assessment, while chemical parameters were analyzed using spectrophotometric and electrometric techniques. The results revealed non-compliance with the microbiological standards. Total coliforms were detected at 4 NMP/100 mL in M1, 3 NMP/100 mL in M2, 9 NMP/100 mL in M3, and 23 NMP/100 mL in M4, all exceeding the permissible limit of 0 NMP/100 mL. *E. coli* was not detected in any sampling point (<3 NMP/100 mL). Organoleptic characteristics met regulatory requirements, as the water was colorless, odorless, and visually clear at all sampling points. Regarding inorganic chemical parameters, all values complied with the established limits. Total dissolved solids ranged between 0.07 and 0.14 g/L, pH values between 7.49 and 7.56, and electrical conductivity between 120 and 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Total hardness varied from 68.4 to 148.2 mg/L CaCO_3 , chloride concentrations from 14.18 to 39.71 mg/L, sulfate concentrations from 24 to 56 mg/L, and nitrate levels from 0.05 to 0.07 mg/L. It is concluded that, although the water presents adequate organoleptic and chemical characteristics, it is not suitable for direct human consumption due to microbiological non-compliance, mainly associated with insufficient disinfection and deterioration within the distribution network.

Keywords: Drinking water, Total coliforms, Water quality, Chemical parameters.

INTRODUCCIÓN

El acceso a agua potable segura constituye un elemento esencial para la protección de la salud pública y la prevención de enfermedades de origen hídrico. Según la Organización Mundial de la Salud, más de 2.2 mil millones de personas en el mundo no cuentan con servicios de agua gestionados de manera segura, situación que incrementa la incidencia de enfermedades gastrointestinales, especialmente en zonas rurales (OMS, 2022). En el Perú, a pesar de la vasta disponibilidad de recursos hídricos, persisten deficiencias en la calidad del agua debido a fallas en la captación, tratamiento, desinfección y distribución, afectando en mayor medida a poblaciones altoandinas como Pilcuyo.

Los antecedentes internacionales muestran que el incumplimiento de parámetros microbiológicos es uno de los principales problemas en los sistemas de abastecimiento rural. Investigaciones realizadas en México evidencian que la falta de desinfección continua favorece la presencia de coliformes totales en redes comunitarias (Pérez & Ramírez, 2020). De manera similar, estudios en Colombia reportan que la ausencia de cloro residual permite la proliferación de biopelículas en tuberías (Gutiérrez et al., 2019). En Bolivia, se identificó que los parámetros químicos suelen mantenerse estables, pero los indicadores microbiológicos representan el mayor riesgo sanitario (Mamani, 2021).

En el contexto peruano, investigaciones en Bagua (Revilla & Torres, 2020), Pozuzo (Ruiz, 2022) e Ichu y Juliaca (Ccapa, 2024) coinciden en que las deficiencias microbiológicas son recurrentes en sistemas rurales debido al deterioro de la infraestructura y la aplicación irregular de cloro. En estudios de la región Puno, se señala que los parámetros químicos inorgánicos suelen encontrarse dentro de los límites permisibles, mientras que los coliformes totales exceden los valores normativos debido a fallas en la desinfección (Bombilla & Pizarro, 2025).

En este marco, la presente investigación plantea la hipótesis general: *la calidad del agua potable para consumo humano en el distrito de Pilcuyo no cumple con los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA*. Para su verificación se definieron como variables los parámetros

microbiológicos (coliformes totales y *Escherichia coli*), organolépticos (olor, color y aspecto) y químicos inorgánicos (pH, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, dureza, cloruros, sulfatos y nitratos).

El contenido de la tesis se estructura en cuatro capítulos.

El Capítulo I Aborda el planteamiento del problema, los antecedentes relevantes y los objetivos generales y específicos del estudio.

El Capítulo II Desarrolla el marco teórico, conceptual y normativo, además de la formulación de hipótesis.

El Capítulo III Describe la metodología aplicada, incluyendo la zona de estudio, técnicas de muestreo, métodos analíticos e identificación de variables.

El Capítulo IV Presenta los resultados obtenidos, su análisis, el contraste de hipótesis, conclusiones y recomendaciones orientadas a mejorar la gestión del agua potable en el distrito de Pilcuyo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso al agua potable de calidad continúa siendo un desafío urgente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y UNICEF, a través del Programa Conjunto de Monitoreo (JMP), reportan que más de 2.2 mil millones de personas en el mundo carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, y muchas comunidades consumen agua que excede los límites permisibles de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos. Este problema afecta directamente la salud pública, incrementando la incidencia de enfermedades hídricas como diarreas, cólera, y enfermedades parasitarias, especialmente en zonas rurales y con menor infraestructura. El cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible N.º 6, que promueve el acceso universal al agua segura, aún presenta grandes brechas en países en vías de desarrollo. El Perú, a pesar de contar con importantes fuentes hídricas, enfrenta serias dificultades en garantizar agua de calidad para todos sus ciudadanos. Según datos de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), existen poblaciones, especialmente rurales y altoandinas, que consumen agua sin tratamiento adecuado o sin monitoreo continuo. Diversos estudios señalan que el agua destinada al consumo humano en zonas rurales presenta niveles de turbidez, coliformes fecales, metales pesados y otros parámetros fuera de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA). Esta situación pone en

riesgo la salud de miles de personas y evidencia una deficiente gestión en el tratamiento, control y distribución del recurso hídrico.

El distrito de Pilcuyo, ubicado en la provincia de El Collao, región Puno, no es ajeno a esta problemática. Diversas familias consumen agua proveniente de pozos, manantes o sistemas de abastecimiento local, que muchas veces no cuentan con un tratamiento adecuado ni con un monitoreo periódico de sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Existen antecedentes de problemas de salud gastrointestinal en la población, especialmente en niños y adultos mayores, que podrían estar relacionados con la mala calidad del agua. Asimismo, las autoridades locales enfrentan limitaciones técnicas, presupuestales y de infraestructura para garantizar un servicio de agua potable de calidad y continuidad. En este contexto, se hace necesario evaluar la calidad del agua potable del distrito de Pilcuyo, de acuerdo con los parámetros establecidos por la normativa sanitaria vigente, para identificar riesgos, orientar acciones correctivas y contribuir al bienestar de la población.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿En qué medida la calidad de agua potable para consumo humano, cumple con los parámetros del DS N° 031-2010-SA, del distrito de Pilcuyo- 2025?.

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro microbiológico, del distrito de Pilcuyo 2025?
- ¿Cuál es la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro organoléptico, del distrito de Pilcuyo 2025?
- ¿Cuál es la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro químico inorgánico, del distrito de Pilcuyo 2025?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Borbolla & Garrido (2003), mencionan en su estudio realizado en el Estado de Tabasco (México), se analizaron variables fisicoquímicas del agua potable recolectada en 17

jurisdicciones, determinando promedios y rangos de confianza estadística. Los parámetros evaluados incluyeron color (11.46 pt/Co), turbidez (5.40 UTM), pH (7.62), dureza total como CaCO_3 (223.05 mg/l), sulfatos (89.86 mg/l), nitratos como nitrógeno (0.39 mg/l), cloro libre residual (0.75 mg/l), cloruros (40.17 mg/l) y sólidos disueltos totales (395.05 mg/l). La turbidez superó la media nacional establecida por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Además, se identificó una correlación significativa entre la turbidez con los niveles de sulfatos y dureza total, mediante la prueba de hipótesis “t” de Student, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Estos resultados permitieron proponer valores estándar de referencia que pueden ser útiles para el monitoreo de la calidad del agua en zonas rurales y urbanas del país.

Rodríguez & Lacaba (2021), indican en su estudio Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable que los microbiológicos del agua potable, se ha determinado que los coliformes totales, pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae*, representan aproximadamente el 10 % de los microorganismos intestinales humanos y animales. Son bacilos Gram negativos, fermentadores de lactosa a 35 °C en 24 a 48 horas, con producción de gas y ácido, y se encuentran también en ambientes como suelos, vegetación y fuentes de agua, sin implicar necesariamente contaminación fecal. Por otro lado, los coliformes fecales o termotolerantes tienen un origen exclusivamente fecal y fermentan lactosa a $44,0 \pm 0,2$ °C en 24 horas, incluyendo especies como *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. En particular, *Escherichia coli* es el indicador microbiológico más específico de contaminación fecal reciente, encontrándose en concentraciones de 10^8 a 10^9 UFC por gramo de heces, y su presencia en el agua puede asociarse a fallas en el tratamiento o distribución, así como a riesgos de brotes de enfermedades.

Mamani et al. (2022), mencionan que en su evaluación de la calidad del agua destinada al consumo humano mediante la medición de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en tres puntos del sistema de abastecimiento (toma, tanque y grifo). Los registros reportaron valores de pH entre 6.78 y 7.57, conductividad eléctrica entre 27.5 y 28.27

$\mu\text{S/cm}$ —con una excepción en el tanque de Chovacollo, donde se alcanzaron 43.06 $\mu\text{S/cm}$ —, oxígeno disuelto entre 98.7 y 104.3 %, y turbidez entre 0.14 y 1.81 NTU. En cuanto al análisis microbiológico, se halló *Escherichia coli* en dos puntos: 14 UFC en la toma de Carmen Pampa y 28 UFC en el tanque de Chovacollo, mientras que los demás puntos registraron ausencia de la bacteria. La investigación menciona que, salvo estas detecciones puntuales, los valores se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la normativa NB 512, aunque la falta de cloración en ambas comunidades llevó a recomendar la desinfección del agua antes de su consumo.

Gómez & García (2022), refieren que, las características microbiológicas y fisicoquímicas del agua de consumo mediante muestras en ocho puntos del campus. En el laboratorio de biotecnología, se detectaron niveles significativos de coliformes totales y fecales, mientras que otros puntos como la cafetería y el filtro del auditorio mostraron ausencia de estos microorganismos. Los parámetros físico-químicos cumplieron en su mayoría con los estándares, aunque el 39% de las muestras microbiológicas no alcanzaron los requisitos de la Resolución 2115 del 2007, la cual establece que el agua debe contener 0 UFC/100 ml de coliformes fecales.

Delgado (2023), se enfocó en evaluar la calidad del agua potable en el área central de Manabí, examinando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos conforme a la normativa INEN 1108. Se realizaron análisis triplicados en las estaciones de bombeo A, B, C y D. Los resultados mostraron cumplimiento con los estándares en color, turbidez, pH, y confirmaron la ausencia de metales pesados y de parásitos como *Giardia* y *Cryptosporidium*. Sin embargo, se detectó una alta correlación de coliformes fecales entre los puntos A y B, y niveles de nitratos próximos al límite permitido. En conclusión, aunque el agua cumple en gran medida con la normativa, algunas inconsistencias podrían señalar una posible contaminación que podría afectar la salud de la población.

Aucapiña & Zumba (2024), mencionan que en el monitoreo, de tipo observacional y transversal, se efectuó durante ocho semanas consecutivas mediante muestreos duplicados realizados cada fin de semana. Las muestras se recolectaron directamente del

tanque luego del proceso de cloración y se analizaron parámetros fisicoquímicos color, olor, sabor, turbiedad, pH, cloro libre residual, nitratos y nitritos además de coliformes totales como indicador microbiológico. Los resultados señalan que la mayoría de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se mantuvieron dentro de los límites establecidos, mientras que el pH presentó valores por debajo del rango permitido, y el cloro libre residual cumplió con la normativa en el 87,5 % de las mediciones, evidenciando la importancia del control continuo del proceso de desinfección.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Revilla & Torres (2020), mencionan la calidad del agua potable en la ciudad de Bagua mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, comparando los resultados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del DS N.º 031–2010–SA del Ministerio de Salud. Se recolectaron 110 muestras para el análisis in situ de cloro residual, pH y turbidez, y 48 muestras para el análisis en laboratorio de coliformes totales y termotolerantes. Los resultados mostraron que el 54,55% de las muestras no cumplía con el LMP para cloro residual, el 85,45% para pH y el 20,90% para turbidez. En cuanto a los parámetros microbiológicos, el 72,92% de las muestras no cumplía con el LMP para coliformes termotolerantes y el 54,17% para coliformes totales. Se concluye que la calidad del agua potable en Bagua no es apta para el consumo humano, debido al incumplimiento de varios parámetros establecidos por la normativa vigente.

Jurado & Yzarra (2021), demuestran que los parámetros químicos constituyen un factor de riesgo relevante para la salud humana debido a su toxicidad y persistencia. Asimismo, los contaminantes microbiológicos, principalmente bacterias asociadas a la contaminación fecal, representan una de las causas más frecuentes de enfermedades gastrointestinales. En contraste, los parámetros físicos suelen presentar una influencia indirecta o limitada sobre la salud. En todos los casos, se resalta la importancia de que las características del agua se mantengan dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa nacional, ya que el incumplimiento de dichos valores puede derivar en afectaciones sanitarias significativas.

Cruz (2021), argumenta que en la investigación realizada los resultados indicaron que la turbidez en la fuente de captación excedió el límite ECA, mientras que en los puntos de la red domiciliaria, la turbidez, conductividad, y temperatura cumplieron en general con los ECA y LMP. Sin embargo, el pH presentó variaciones fuera de los límites en algunos puntos, como en P-8 que registró un valor de 6.4, y en otros donde el pH excedió los valores permitidos, alcanzando 8.6 en ciertos puntos durante el mes de octubre. En cuanto al cloro residual, solo cinco puntos mostraron una cantidad adecuada con un promedio de 0.56 mg/L, mientras que en el resto de los puntos se registró una cantidad mínima o ausencia de cloro residual.

Soria (2021), evaluó la calidad del agua subterránea proveniente de pozos artesianos mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, contrastando los resultados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el DS N.º 031-2010-SA. La investigación concluyó que, si bien la mayoría de los parámetros fisicoquímicos (como turbidez, color, conductividad, cloruros, entre otros) cumplían con la normativa, se registraron valores de pH por debajo del mínimo permitido (entre 4,0 y 5,37), así como presencia de coliformes termotolerantes en concentraciones superiores al LMP (<1,8 NMP/100 mL) en algunos pozos. Además, se utilizó el Índice de Calidad de Agua (ICA-PE), obteniéndose un valor del 94%, lo que indica que, aunque no apta para el consumo humano directo, el agua es de excelente calidad para su potabilización mediante tratamiento convencional.

Ruiz (2022), indica que en su estudio desarrollado en el Centro Poblado de Buena Vista, en el distrito de Pozuzo (Oxapampa), evaluó la calidad del agua destinada al consumo humano mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del reservorio local, ubicado a 1542 m s. n. m. (UTM: Este 0426338, Norte 8886267). Siguiendo los criterios del D.S. N.º 031-2010-SA y del D.S. N.º 004-2017-MINAM, se determinaron valores de turbidez <0.40 NTU, temperatura con $\Delta 2$ °C, dureza de 23.07 mg/L CaCO₃, color <5 UPC, sólidos disueltos totales de 60.5 mg/L, pH de 7.28 y conductividad eléctrica de 69.2 μ S/cm. En el análisis microbiológico, los coliformes totales

y fecales fueron <1.1 NMP/100 mL y *Escherichia coli* registró <1 NMP/100 mL. Todos los resultados se encontraron dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa nacional, evidenciando que el agua del reservorio presenta condiciones aptas para el consumo humano.

1.2.3. A NIVEL REGIONAL

Bombilla & Contreras (2025), indican que en los resultados del estudio realizado en el sistema de abastecimiento por cisterna de la Asociación de Vivienda Valle Grande (Ate Vitarte, 2024) indican que la calidad del agua distribuida por los proveedores A, B y C cumple con los valores establecidos para consumo humano. Los análisis fisicoquímicos mostraron que el pH se mantuvo dentro del rango permitido de 6.5 a 8.5 y que los sólidos totales no superaron el límite máximo de 1000 mg/L, confirmando que el agua presenta condiciones aceptables de mineralización y estabilidad química. En el componente microbiológico, las muestras evaluadas no registraron presencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* ni recuentos elevados de bacterias heterotróficas, cumpliendo íntegramente con los criterios establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA. En conjunto, los resultados muestran que el agua distribuida por los tres proveedores presenta condiciones adecuadas de potabilidad según los parámetros evaluados.

Velásquez (2024), en su estudio indica el desarrollo en la urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca evaluó la calidad del agua subterránea destinada al consumo humano, mediante un enfoque cuantitativo y descriptivo, con cinco puntos de muestreo. Los resultados evidenciaron que, aunque los parámetros fisicoquímicos como temperatura, salinidad, dureza, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, pH, sulfatos y nitratos se encontraban dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA, los niveles de coliformes totales y termotolerantes superaron los valores normativos en todos los pozos analizados (por ejemplo, hasta 140 UFC/100 mL y 50 UFC/100 mL respectivamente), indicando una contaminación de origen fecal. Esta situación compromete la aptitud del agua para el

consumo humano, al representar un riesgo sanitario por la posible presencia de enterococos y *Escherichia coli*.

Ccapa (2024), argumenta que, la investigación en el Sector Tunuhuri Grande, Ichu, Puno, evaluó la calidad del agua para consumo humano mediante análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en cinco puntos de muestreo. Aunque los valores de pH, color y turbiedad estuvieron dentro de los límites permisibles, se detectó ausencia de cloro residual y altos niveles de coliformes totales y fecales, superando los estándares del D.S. N° 031-2010-SA. Se concluyó que el agua no es apta para consumo humano, resaltando la necesidad de tratamiento y desinfección.

Ramirez (2020), evaluó la calidad del agua desde la captación hasta el reservorio en Paucarcolla, Puno. Los objetivos fueron analizar si el agua cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. 004-2017-MINAM para parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Se realizaron muestreos en tres puntos, utilizando métodos normados para análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados indicaron que los parámetros fisicoquímicos y de coliformes totales están dentro de los límites del ECA, lo cual sugiere que, después del tratamiento en el reservorio, el agua es apta para el consumo humano.

Lino (2021), evaluó la calidad del agua en las bahías del Lago Titicaca en el lado peruano mediante un análisis espacio-temporal entre 2015 y 2020. Se utilizaron datos de 10 estaciones de monitoreo en las bahías de Vilquechico, Pusi, Moho, Capachica, Chucuito Pilcuyo, Juli, Yunguyo, Pomata y Desaguadero. El objetivo principal fue determinar la calidad del agua mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA), empleando los índices ICA-PE y ICA-NSF. El ICA-PE se basó en tres factores: alcance, frecuencia y amplitud, mientras que el ICA-NSF incluyó ocho parámetros (pH, sólidos disueltos, turbidez, oxígeno disuelto, DBO5, fosfatos, nitratos y coliformes termotolerantes). Los resultados mostraron que, según el ICA-PE, la calidad del agua varió entre buena y excelente, mientras que el ICA-NSF la clasificó entre mala y buena. Estos resultados reflejan las tendencias de deterioro o recuperación en las bahías y destacan el impacto

de los afluentes en la calidad del agua del lago. Se propone que el ICA-NSF se utilice en el futuro como una herramienta de monitoreo público y para mejorar el manejo de las bahías del Lago Titicaca.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar si la calidad del agua potable para consumo humano en el distrito de Pilcuyo cumple con los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro microbiológico, del distrito de Pilcuyo.
- Analizar la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro organoléptico, del distrito de Pilcuyo.
- Analizar la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro químico inorgánico, del distrito de Pilcuyo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Calidad del agua

Se refiere a la medida en que el agua es adecuada para variados usos, incluidos el consumo poblacional, la agricultura, la industria, la recreación y la preservación de los ecosistemas acuáticos (Jurado, 2021).

Agua potable

El agua potable, o destinada para consumo humano, se define como aquella que es adecuada para ser ingerida sin restricciones, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos por las autoridades nacionales e internacionales (Cordero, 2011).

Reservorio

En función de las demandas de agua previstas y de la producción adecuada de la fuente, esta estructura de almacenamiento de agua garantiza la funcionalidad hidráulica del sistema y la conservación de un servicio eficaz. También sirve como componente fundamental del diseño económico, cuyas longitudes efectivas vienen determinadas por su potencial y la selección del emplazamiento. Los tres factores más cruciales para la consideración del diseño son el tipo de embalse, la capacidad y la ubicación (Tisnado, 2018).

Sistema de abastecimiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable está compuesto por una planta de tratamiento, depósitos de almacenamiento, tuberías de conducción o impulsión, redes de distribución y una o varias captaciones. Su propósito es garantizar un suministro continuo

de agua en cantidad suficiente, con buena calidad y con la presión adecuada para el consumo humano (Quispe, 2020).

Parámetros de calidad bacteriológica del agua

Los coliformes fecales, *Escherichia coli*, que proceden de las heces humanas y animales, son los principales indicativos utilizados para evaluar la calidad bacteriológica del agua.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Nitratos: Bolaños et al.(2017), son compuestos nitrogenados que, en altas concentraciones, pueden transformarse en nitritos y afectar el transporte de oxígeno en la sangre y promover el desarrollo de microorganismos patógenos.

pH: Es la medida de acidez o alcalinidad del agua y debe mantenerse dentro de un rango neutro para evitar corrosión y efectos adversos en la salud (Pérez, 2016).

Cloruros: Son iones derivados del cloro presentes de manera natural en el agua., en altas concentraciones, pueden alterar el sabor y favorecer procesos de corrosión.Según Cusiche Pérez et al (2021).

Conductividad eléctrica: Es la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, asociada a la concentración de sales disueltas (Higiene Ambiental, 2024).

Temperatura: Díaz & González (2022), variable física que influye en los procesos químicos, biológicos y en la dinámica de transporte del agua potable

Turbidez: Grado en que las partículas suspendidas reducen la transparencia del agua; es un parámetro clave en procesos de tratamiento (Montoya, 2011),

Sulfuros: Son sales formadas por el ion sulfato (SO_4^{2-}) que se encuentran de manera natural en el agua (Raffo & Ruiz, 2014).

Coliformes totales: Según la OMS (2017), son un grupo de bacterias indicadoras de contaminación microbiológica que permiten evaluar la higiene y seguridad del agua para consumo humano.

Sólidos totales disueltos (STD): Márquez et al. (2024), indican la fracción de sales y sustancias disueltas que influyen directamente en el sabor y potabilidad del agua.

Metales pesados: Cusiche et al. (2021), indican sobre los elementos como plomo, cadmio o arsénico que presentan toxicidad acumulativa en organismos vivos

Parámetros biológicos: Son indicadores que permiten identificar la presencia de microorganismos patógenos como coliformes, bacterias y virus en el agua (Balairón, 2021).

2.3. MARCO NORMATIVO

Constitución Política del Perú (1993), en el Título I, Capítulo I sobre los Derechos Fundamentales de la Persona, el Artículo 2 establece que toda persona tiene el derecho a disfrutar de tranquilidad y a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para su desarrollo. Este derecho garantiza el acceso a condiciones ambientales óptimas, incluyendo la disponibilidad de agua de calidad para el consumo humano, como parte del bienestar integral de la población

Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, establece los criterios sanitarios y los Límites Máximos Permisibles (LMP)

La Ley de Recursos Hídricos establece un enfoque de gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos en el país, priorizando el consumo humano como el uso más importante y esencial para la salud pública y el bienestar de la población. (ANA, 2019)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua potable para consumo humano en el distrito de Pilcuyo no cumple con los parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en el distrito de Pilcuyo, perteneciente a la provincia de El Collao, en la región Puno, Perú. Esta zona ha sido seleccionada como unidad de estudio debido a su dependencia de fuentes locales de agua potable, así como a la necesidad de evaluar la calidad de dicho recurso.



Figura 01: Mapa de ubicación del distrito de Pilcuyo

Fuente: Google earth **Ubicación (UTM Zona 19, WGS84):** Este 440 417 Norte 8 218 942

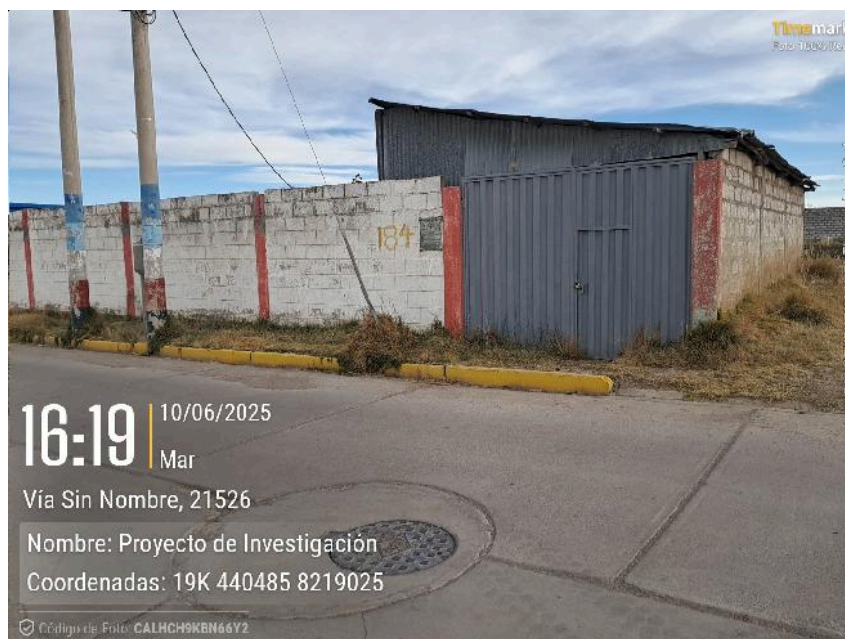


Figura 02: Acuífero Sector Alfonso Ugarte (P-1)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Población: El sistema de abastecimiento se basa en la captación subterránea mediante bombeo desde un pozo, desde donde el agua es impulsada hacia un reservorio elevado de almacenamiento.

3.2.2. TAMAÑO DE MUESTRA

La muestra será no probabilística y por conveniencia.

La muestra está conformada por cuatro puntos estratégicos del sistema de abastecimiento, seleccionados para representar cada una de las etapas críticas del recorrido del agua, desde su extracción hasta el punto de consumo. Estos puntos fueron determinados según los criterios técnicos de representatividad establecidos en el numeral 6.1 de la Resolución Directoral N.º 160-2015/DIGESA, que exige evaluar la calidad del agua en los distintos tramos del sistema de distribución.

Los puntos de muestreo son los siguientes:

1. **Punto 1 – Captación (bombeo):** corresponde al lugar de extracción del agua subterránea, antes de ser tratada.

2. **Punto 2 – Reservorio:** corresponde al tanque elevado donde se almacena el agua tratada, después de pasar por el sistema de cloración por goteo.
3. **Punto 3 – Primera vivienda conectada:** ubicada en la parte inicial de la red de distribución.
4. **Punto 4 – Última vivienda conectada:** ubicada en el extremo final de la red, donde pueden producirse pérdidas de presión o variaciones en la calidad.

3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODO

3.3.1.1 DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO

OBJETIVO 1: Analizar la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro microbiológico, del distrito de Pilcuyo.

Con la finalidad de verificar la presencia de contaminación de origen fecal en el agua potable del distrito de Pilcuyo, se realizará el análisis microbiológico mediante métodos establecidos por la normativa sanitaria. Para ello, se ejecutará un protocolo de muestreo que garantice la representatividad del sistema de distribución.

Protocolo para muestreo microbiológico:

La recolección se realizó en frascos estériles de vidrio color ámbar de 120 mL, con tapa hermética y con tiosulfato de sodio para neutralizar el cloro residual. Se desinfectará el punto de muestreo con alcohol al 70 % y llama, dejando correr el agua de 2 a 3 minutos antes del llenado. Las muestras se mantendrán refrigeradas entre 2 y 8 °C en conservadora portátil y se transportarán al laboratorio dentro de las 6 horas posteriores.

Puntos y secuencia de muestreo:

1. Captación (bombeo) - Primera muestra
2. Reservorio - segunda muestra
3. Primera vivienda conectada - tercera muestra
4. Última vivienda conectada - cuarta muestra

Parámetros y métodos:

- Coliformes totales → Filtración por membrana (SM 9222 B)

- Coliforme termotolerante → Prueba de β -glucuronidasa (SM 9223 B)

Criterio de cumplimiento:

0 UFC/100 mL (según D.S. N.º 031-2010-SA)

PARA OBJETIVO 2: Analizar la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro organoléptico, del distrito de Pilcuyo.

La evaluación de los parámetros organolépticos permitió determinar el grado de aceptación sensorial del agua potable distribuida, considerando atributos que pueden evidenciar problemas en el tratamiento o en la red de distribución.

Protocolo para muestreo organoléptico:

Se utilizarán frascos limpios de vidrio incoloro de 1 litro, previamente enjuagados con la misma agua. Las muestras no deben estar expuestas a la luz solar directa ni al calor durante el transporte, y serán analizadas en un plazo no mayor a 24 horas.

Puntos y secuencia de muestreo:

1. Captación (bombeo) - primera muestra
2. Reservorio - segunda muestra
3. Primera vivienda - tercera muestra
4. Última vivienda - cuarta muestra

Parámetros y métodos:

- Olor y sabor → Evaluación sensorial por panel entrenado
Color verdadero → Método espectrofotométrico (SM 2120 C), en unidades Pt-Co
- Turbiedad → Nefelometría (SM 2130 B), en NTU

Criterio de cumplimiento (D.S. N.º 031-2010-SA):

- Olor y sabor: Aceptables al consumidor
- Color

OBJETIVO 3: Analizar la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro químico inorgánico, del distrito de Pilcuyo.

Para garantizar la inocuidad del agua frente a contaminantes de origen geológico o antropogénico, se evaluó parámetros químicos inorgánicos que pueden representar riesgos crónicos a la salud humana.

Protocolo de toma de muestra químico inorgánico:

Las muestras serán recolectadas en frascos de polietileno de alta densidad (HDPE), con capacidad de 1 L. Para el análisis de metales, se acidifican in situ con ácido nítrico hasta pH <2. Para aniones (nitratos), no se requiere preservación química. Las muestras se transportaron en refrigeración y protegidas de la luz.

Puntos y secuencia de muestreo:

1. Captación (bombeo) - primera muestra
2. Reservorio - segunda muestra
3. Primera vivienda - tercera muestra
4. Última vivienda - cuarta muestra

Parámetros y métodos:

- Nitratos (NO_3^-), → Métodos espectrofotométricos (SM 4500 series)

Criterio de cumplimiento (D.S. N.º 031-2010-SA):

Nitratos \leq 50 mg/L

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Univariable: calidad de agua para consumo humano

Tabla 01: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Vi. Calidad de agua potable	Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes	UFC/100MI
		Coliformes Totales	
		Olor, sabor, color	mgL
Vd. Consumo humano del centro poblado	Parámetros organolépticos		
		pH,CE, Sólidos totales, Cloruros,	mg AsL
	Parámetros químico inorgánico	sulfatos, Dureza total, nitratos,	

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

- **Diseño de investigación:** No experimental
- **Tipo de investigación:** Descriptivo- transversal
- **Método:** Deductivo-analítico.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. OBJETIVO 1: ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN EL PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO, DEL DISTRITO DE PILCUYO.

a) Coliformes Totales

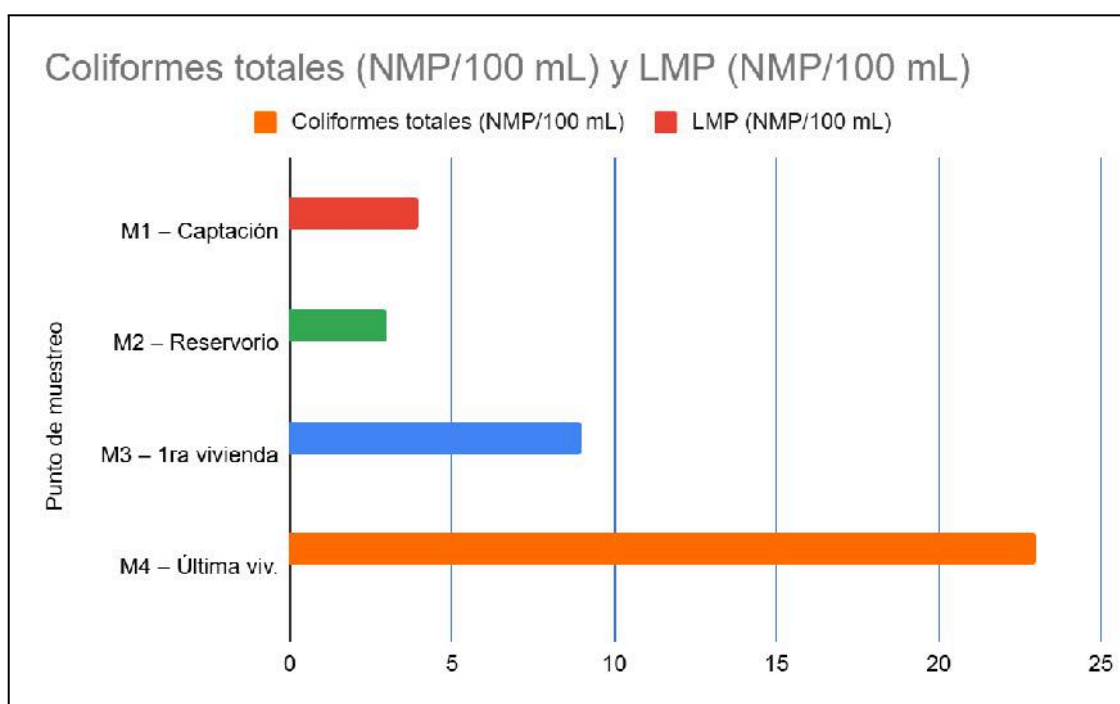


Figura 03: Resultados de coliformes totales en el sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo (NMP/100 mL).

Tabla 02: Resultados microbiológicos Coliformes Totales del agua potable en el sistema de abastecimiento de Pilcuyo

Punto de muestreo	Coliformes totales (NMP/100 mL)	LMP (NMP/100 mL)	Cumplimiento
M1 – Captación	4	0	No cumple
M2 – Reservorio	3	0	No cumple
M3 – 1ra vivienda	9	0	No cumple
M4 – Última vivienda	23	0	No cumple

La tabla 02 muestra los resultados del análisis microbiológico que permite evaluar la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en los cuatro puntos del sistema de abastecimiento. Los resultados de coliformes totales mostraron valores que aumentan progresivamente desde la captación hacia la última vivienda, registrándose 4 NMP/100 mL en la captación, 3 NMP/100 mL en el reservorio, 9 NMP/100 mL en la primera vivienda y hasta 23 NMP/100 mL en la última vivienda. Este comportamiento evidencia que el sistema no cumple con el límite máximo permisible de 0 NMP/100 mL establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. La presencia de coliformes totales no necesariamente implica contaminación fecal, pero sí constituye un indicador de deterioro higiénico-sanitario del sistema, reflejando insuficiencia en la desinfección, desarrollo de biopelículas en la red de distribución o ingreso de partículas ambientales en puntos vulnerables de la infraestructura. El incremento observado en la red sugiere que la desinfección inicial pierde eficacia durante el recorrido del agua, lo cual puede explicarse por la disminución del cloro residual, reacciones con materia orgánica, tramos prolongados sin renovación y posibles microfisuras que favorecen la intrusión ambiental cuando se generan presiones negativas.

b) Coliformes Termotolerantes

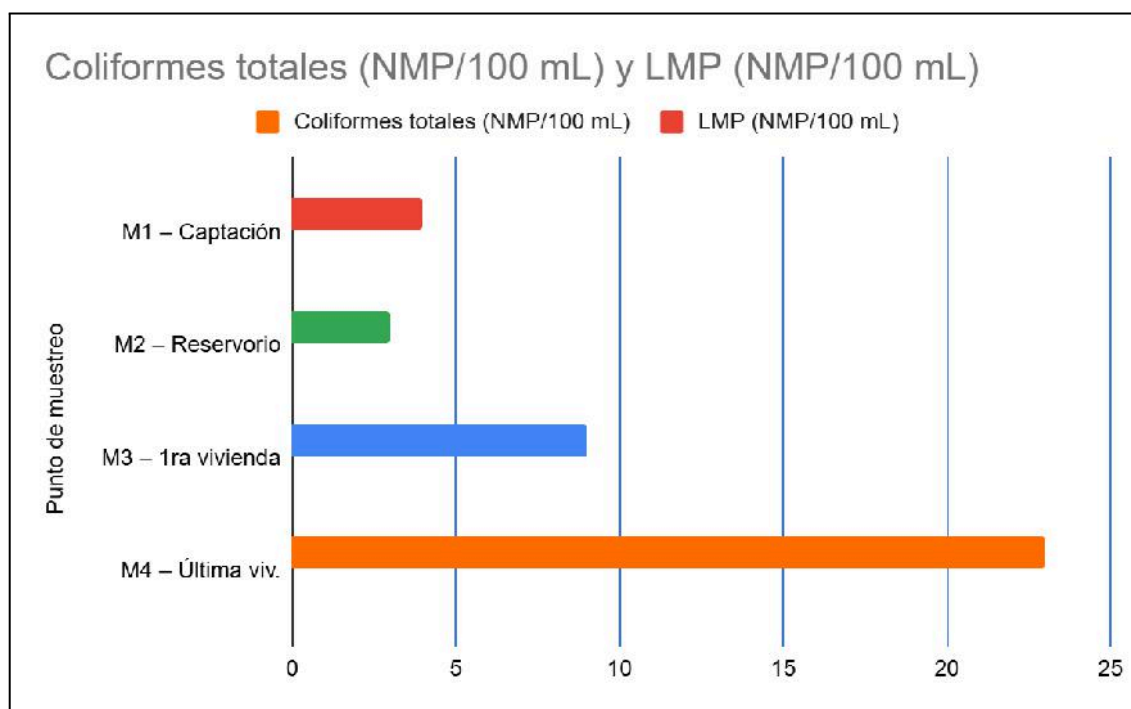


Figura 04: Resultados de coliformes termotolerantes en el sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo (NMP/100 mL).

Tabla 03: Resultados microbiológicos Coliformes Termotolerantes del agua potable en el sistema de abastecimiento de Pilcuyo

Punto de muestreo	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	LMP (NMP/100 mL)	Cumplimiento
M1 - Captación	< 3	0	Cumple
M2 - Reservorio	< 3	0	Cumple
M3 - 1ra vivienda	< 3	0	Cumple
M4 - Última vivienda	< 3	0	Cumple

En la tabla 03 se presentan los resultados de los coliformes termotolerantes (*E. coli*), considerados los indicadores más específicos de contaminación fecal reciente, no fueron detectados en ninguno de los puntos evaluados, ya que todos los resultados se ubicaron

por debajo del límite de detección del método (< 3 NMP/100 mL). Esta ausencia indica que el sistema no presenta evidencia de exposición reciente a heces humanas o animales. La condición observada es coherente con el origen subterráneo del agua, el cual suele ofrecer protección natural frente a infiltraciones fecales directas, así como con el hecho de que la cloración, aunque insuficiente para eliminar coliformes totales, sí logra inactivar eficazmente bacterias de origen fecal, que son más sensibles al cloro libre. Asimismo, la ausencia de termotolerantes sugiere que la red de distribución no ha sido afectada por intrusiones de aguas residuales, reforzando la interpretación de que los riesgos microbiológicos detectados corresponden a contaminación ambiental no fecal.

4.2. OBJETIVO 2: ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN EL PARÁMETRO ORGANOLÉPTICO, DEL DISTRITO DE PILCUYO.

Tabla 04: Parámetros organolépticos del agua potable del distrito de Pilcuyo

Punto de muestreo	Aspecto	Color	Olor	Cumplimiento
M1 – Captación	Líquido	Incoloro	Inodoro	Cumple
M2 – Reservorio	Líquido	Incoloro	Inodoro	Cumple
M3 – 1ra vivienda	Líquido	Incoloro	Inodoro	Cumple
M4 – Última vivienda	Líquido	Incoloro	Inodoro	Cumple

La tabla 04 muestra los resultados obtenidos muestran que, en los cuatro puntos evaluados, el agua mantiene características organolépticas adecuadas: aspecto líquido, color incoloro y olor inodoro. Estos atributos son esenciales en la evaluación sensorial del agua potable, ya que constituyen indicadores inmediatos de su aceptabilidad y de la ausencia de alteraciones perceptibles para el consumidor. La falta de color sugiere que no existe presencia significativa de materia orgánica disuelta, óxidos metálicos o compuestos derivados de procesos de corrosión. De igual manera, la ausencia de olores indica que el agua no está afectada por procesos de descomposición biológica, volátiles

derivados de contaminación química, ni acumulación de compuestos aromáticos que suelen ser detectados incluso en bajas concentraciones.

Asimismo, al no evidenciarse cambios en el aspecto físico del agua, no se observan señales de deterioro químico o físico en la red de distribución, como ingreso de partículas sólidas, materiales desprendidos de tuberías o turbidez asociada a arrastre de sedimentos. La estabilidad organoléptica en todos los puntos también sugiere que el tratamiento aplicado—principalmente la desinfección por cloración—se mantiene sin generar subproductos perceptibles, lo cual es relevante dado que tratamientos inadecuados suelen manifestarse mediante olores o sabores desagradables.

Estas características cumplen con los criterios establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA, que exige que el agua destinada al consumo humano sea incolora, inodora y sin características objetables para la población. La uniformidad de estos resultados es coherente con el origen subterráneo del recurso, ya que las aguas provenientes de acuíferos profundos presentan, por lo general, baja carga de sedimentos, estabilidad físico-química y una composición relativamente constante, lo que reduce la probabilidad de que se produzcan cambios perceptibles en sus propiedades sensoriales durante la captación y distribución.

4.3. OBJETIVO 3: ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN EL PARÁMETRO QUÍMICO INORGÁNICO, DEL DISTRITO DE PILCUYO.

a) Sólidos disueltos totales (TDS)

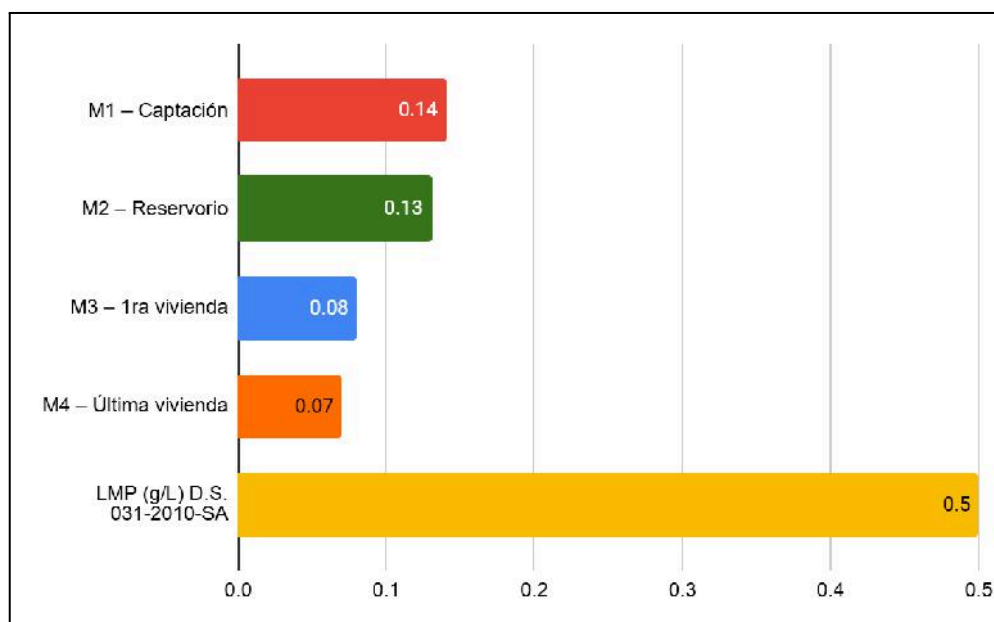


Figura 05: Resultados de sólidos disueltos totales del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo (NMP/100 mL).

Tabla 05: Sólidos disueltos totales (TDS) del agua potable del distrito de Pilcuyo (2025)

Punto de muestreo	TDS (g/L)	LMP (g/L) D.S. 031-2010-SA	Cumplimiento
M1 – Captación	0.14	≤ 0.50	Cumple
M2 – Reservorio	0.13	≤ 0.50	Cumple
M3 – 1ra vivienda	0.08	≤ 0.50	Cumple
M4 – Última vivienda	0.07	≤ 0.50	Cumple

La tabla 05 muestra los valores de sólidos disueltos totales se ubican entre 0.07 y 0.14 g/L, muy por debajo del límite permisible de 0.50 g/L establecido por el D.S. N.º 031-2010-SA. Este comportamiento indica que el agua presenta una baja mineralización,

característica común en acuíferos del altiplano donde la disolución de sales es limitada debido a la composición geológica y al régimen de recarga. La disminución ligera desde la captación hacia la última vivienda refleja un comportamiento estable del sistema, sin ingreso de sales adicionales ni procesos de enriquecimiento mineral durante la distribución. La baja concentración de TDS es un indicador de que el agua no ha estado expuesta a infiltraciones de origen agrícola, doméstico o industrial, lo que refuerza que la fuente es de buena calidad natural y mantiene estabilidad fisicoquímica durante su recorrido.

b) Potencial de Hidrógeno

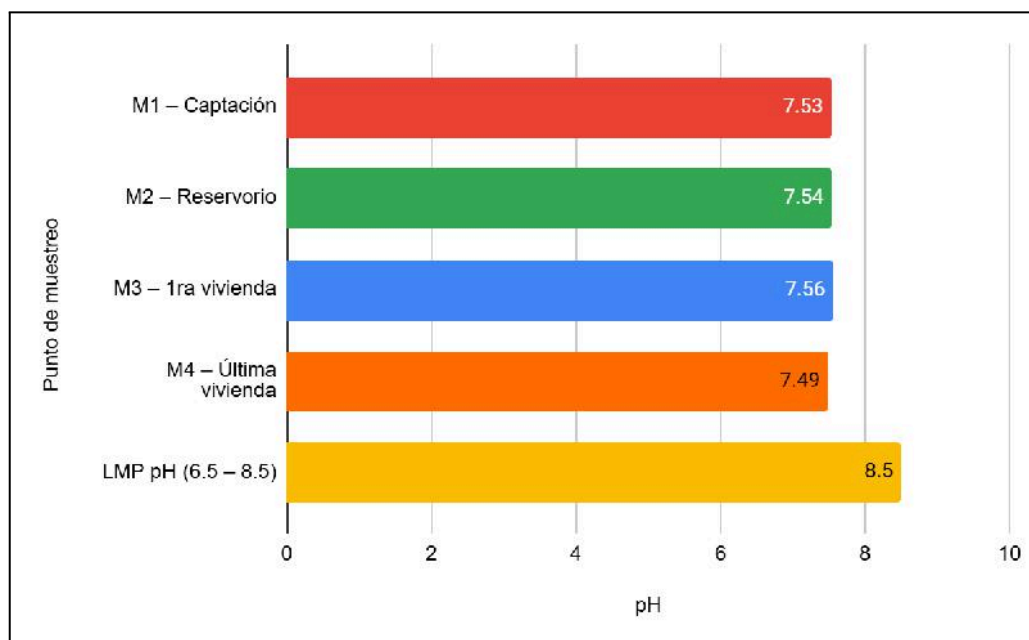


Figura 06: Resultados de pH del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo (NMP/100 mL).

Tabla 06: Resultados de pH del agua potable del distrito de Pilcuyo (2025)

Punto de muestreo	pH	LMP pH (6.5 – 8.5)	Cumplimiento
M1 – Captación	7.53	6.5–8.5	Cumple
M2 – Reservorio	7.54	6.5–8.5	Cumple
M3 – 1ra vivienda	7.56	6.5–8.5	Cumple
M4 – Última vivienda	7.49	6.5–8.5	Cumple

La tabla 06 muestra los valores del pH se mantiene en un rango estrecho entre 7.49 y 7.56, valores que se ubican dentro del intervalo permitido de 6.5 a 8.5. Esta estabilidad refleja un equilibrio químico adecuado entre las especies ácido–base presentes en el agua, particularmente en sistemas subterráneos donde predomina la influencia de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. La ligera alcalinidad es típica de acuíferos que se encuentran en contacto con suelos y rocas de origen sedimentario. Además, la constancia del pH en todos los puntos indica que la red de distribución no introduce variaciones asociadas a corrosión, interacción con materiales metálicos o procesos de oxidación, lo cual demuestra que el sistema mantiene condiciones químicas homogéneas desde la captación hasta el consumo.

c) Conductividad eléctrica

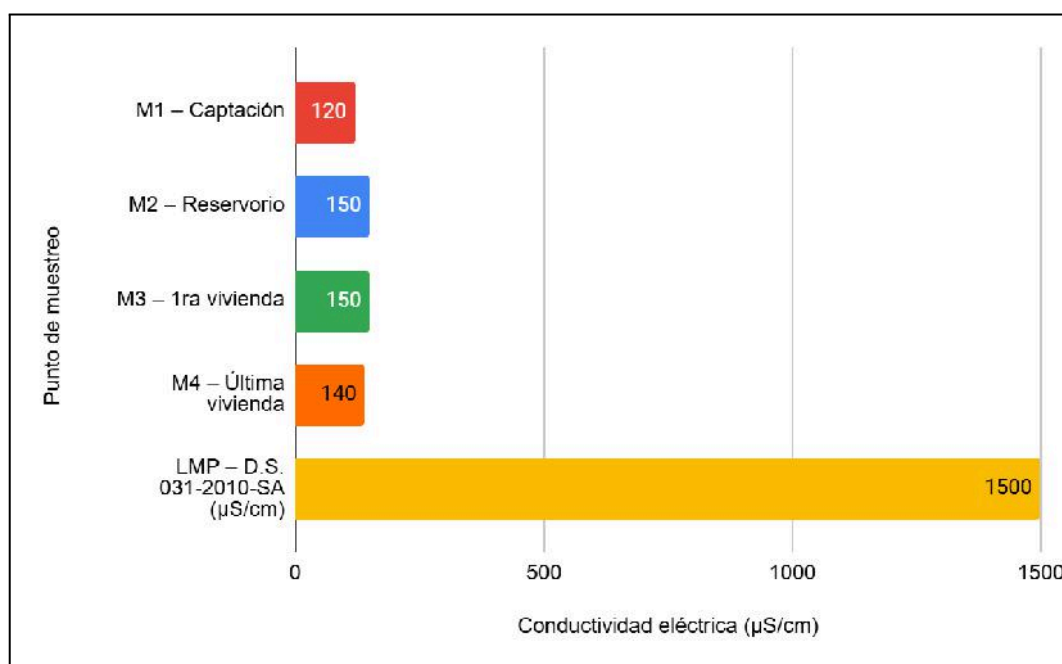


Figura 07: Resultados de Conductividad eléctrica del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo (NMP/100 mL).

Tabla 07: Resultados de Conductividad eléctrica del agua potable del distrito de Pilcuyo

Punto de muestreo	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	LMP – D.S. 031-2010-SA (µS/cm)	Cumplimiento
M1 – Captación	0.12	120	≤ 1500	Cumple
M2 – Reservorio	0.15	150	≤ 1500	Cumple
M3 – 1ra vivienda	0.15	150	≤ 1500	Cumple
M4 – Última vivienda	0.14	140	≤ 1500	Cumple

La tabla 07 demuestra los valores de conductividad eléctrica (0.12 -- 0.15 mS/cm) evidencian una baja concentración de iones en solución, lo que coincide con los resultados de TDS y confirma la naturaleza poco mineralizada del agua. Aunque la norma

no establece un límite máximo permisible para este parámetro, la conductividad constituye un indicador clave de salinidad, procesos de disolución mineral y posibles formas de contaminación. La uniformidad observada demuestra que no existen aportes de sales durante el almacenamiento ni en la red, y que la distribución mantiene la calidad original del agua. Valores tan bajos también señalan que la captación no recibe influencia de vertimientos antrópicos ni de escorrentía contaminada, lo cual respalda que el acuífero presenta buenas condiciones de protección natural.

Parámetros químicos inorgánicos del agua potable del distrito de Pilcuyo

d) Dureza Total

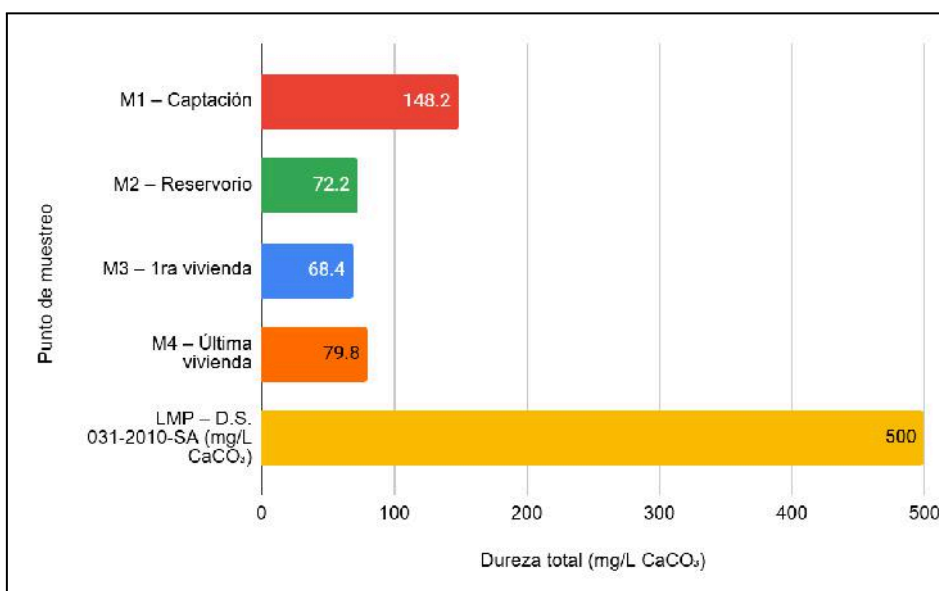


Figura 08: Resultados de Dureza tota del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo

Tabla 08: Dureza total del agua potable del distrito de Pilcuyo

Punto de muestreo	Dureza total (mg/L CaCO ₃)	LMP – D.S.	
		031-2010-SA (mg/L CaCO ₃)	Cumplimiento
M1 – Captación	148.2	≤ 500	Cumple
M2 – Reservorio	72.2	≤ 500	Cumple
M3 – 1ra vivienda	68.4	≤ 500	Cumple
M4 – Última vivienda	79.8	≤ 500	Cumple

La tabla 08 muestra los resultados de dureza total varía entre 68.40 y 148.20 mg/L CaCO₃, clasificándose como agua moderadamente dura, condición aceptable para consumo humano. Estos valores se encuentran muy por debajo del LMP sanitario, lo que indica que el agua no presenta riesgos por incrustaciones excesivas ni afecta la aceptabilidad organoléptica. La dureza está asociada principalmente al calcio y magnesio propios de acuíferos carbonatados, sin evidencias de aportes industriales ni contaminación externa. El comportamiento estable en toda la red muestra que el sistema distribuye un agua químicamente segura y adecuada para potabilización.

e) **Cloruros**

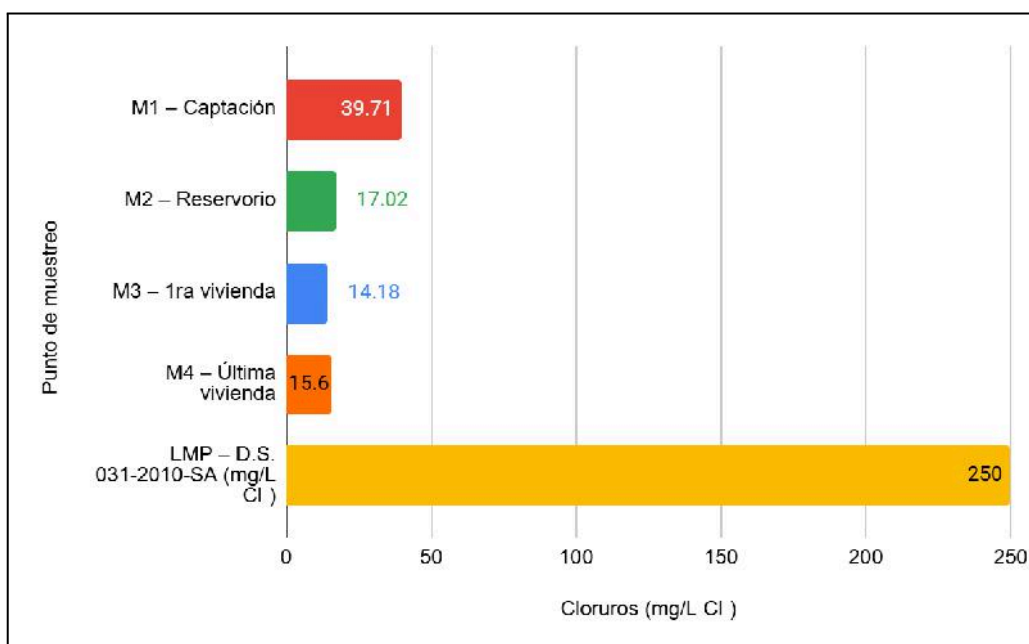


Figura 09: Resultados de Cloruros del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo

Tabla 09: Cloruros del agua potable del distrito de Pilcuyo

Punto de muestreo	Cloruros (mg/L Cl ⁻)	LMP - D.S.	
		031-2010-SA (mg/L Cl ⁻)	Cumplimiento
M1 - Captación	39.71	≤ 250	Cumple
M2 - Reservorio	17.02	≤ 250	Cumple
M3 - 1ra vivienda	14.18	≤ 250	Cumple
M4 - Última vivienda	15.6	≤ 250	Cumple

La tabla 09 muestra que los cloruros muestran valores bajos 14.18 -- 39.71 mg/L, muy por debajo del límite sanitario. En agua potable, niveles reducidos de cloruros indican ausencia de contaminación por aguas residuales, intrusión salina o infiltraciones de origen doméstico. La tendencia decreciente desde la captación hasta la red sugiere

estabilidad y ausencia de procesos de enriquecimiento por materiales metálicos o corrosión. Estos valores refuerzan que el agua es químicamente segura y presenta una salinidad muy baja, adecuada para consumo humano y aceptabilidad sensorial.

f) Sulfatos

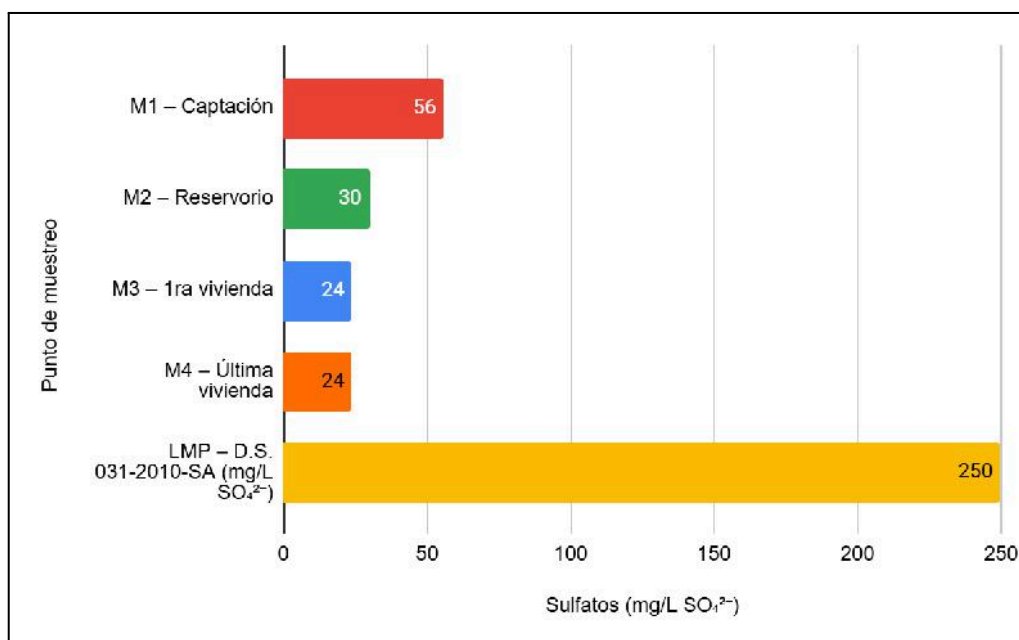


Figura 10: Resultados de Sulfatos del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo

Tabla 10: Sulfatos del agua potable del distrito de Pilcuyo

Punto de muestreo	Sulfatos (mg/L SO_4^{2-})	LMP - D.S.	
		031-2010-SA (mg/L SO_4^{2-})	Cumplimiento
M1 - Captación	56	≤ 250	Cumple
M2 - Reservorio	30	≤ 250	Cumple
M3 - 1ra vivienda	24	≤ 250	Cumple
M4 - Última vivienda	24	≤ 250	Cumple

Ya que los sulfatos suelen incrementarse ante descargas de aguas residuales, infiltraciones vinculadas a fertilizantes o procesos de oxidación de minerales sulfurados.

g) Nitratos

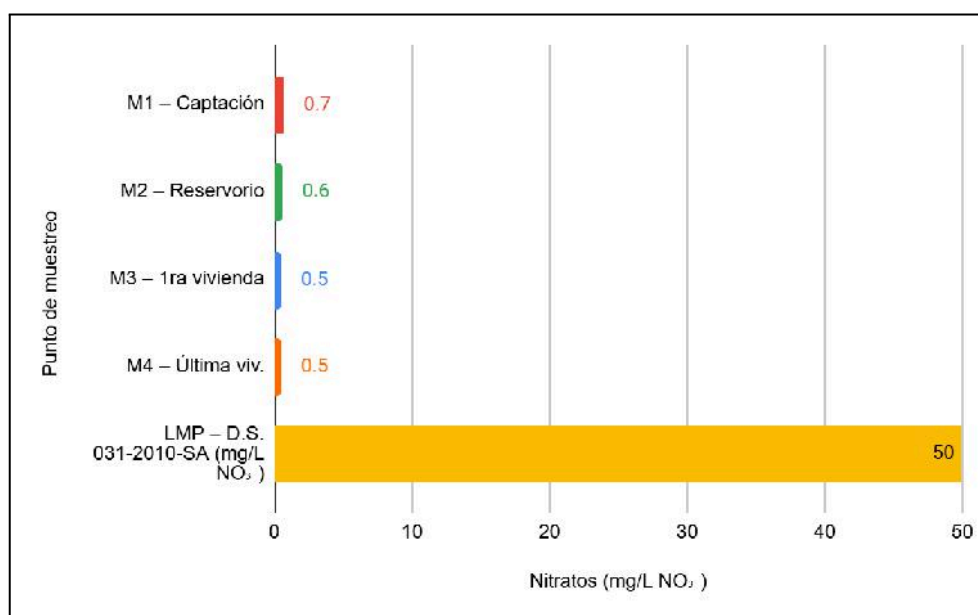


Figura 11: Resultados de Nitratos del sistema de abastecimiento del distrito de Pilcuyo

Tabla 11: Nitratos del agua potable del distrito de Pilcuyo

Punto de muestreo	Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻)	LMP – D.S.	Cumplimiento
		031-2010-SA (mg/L NO ₃ ⁻)	
M1 – Captación	0.07	≤ 50	Cumple
M2 – Reservorio	0.06	≤ 50	Cumple
M3 – 1ra vivienda	0.05	≤ 50	Cumple
M4 – Última viv.	0.05	≤ 50	Cumple

La Tabla 11 muestra los valores de nitratos 0.05 -- 0.07 mg/L son extremadamente bajos y se encuentran a una distancia considerable del límite sanitario de 50 mg/L. Esto demuestra que no existe contaminación por infiltración de aguas residuales, excretas, ni fertilizantes agrícolas, los cuales son las fuentes más comunes de nitratos en sistemas rurales. En agua potable, niveles bajos garantizan que no existe riesgo de metahemoglobinemia en población infantil y confirman que el acuífero se encuentra

protegido frente a actividades antrópicas. La estabilidad del parámetro en toda la red es un indicador de integridad sanitaria del sistema.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten comprender la situación actual de la calidad del agua potable en el distrito de Pilcuyo durante el año 2025. La evaluación se realizó considerando parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos, según los estándares establecidos por el D.S. N.° 031-2010-SA.

En primer lugar, los análisis microbiológicos muestran un incumplimiento significativo en cuanto a coliformes totales, cuyas concentraciones aumentan progresivamente desde la captación (4 NMP/100 mL) hasta la última vivienda (23 NMP/100 mL). Este patrón sugiere que la red de distribución no garantiza una adecuada protección sanitaria, probablemente debido a pérdida de cloro residual, presencia de biopelículas, deterioro de la infraestructura o infiltración de partículas ambientales. Sin embargo, la ausencia de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* indica que no existe contaminación fecal reciente, lo cual es coherente con el origen subterráneo del agua y la acción parcial del sistema de desinfección. Estos resultados coinciden con estudios como los de Revilla & Torres (2020) y Ccapa (2024), donde se registró un incumplimiento microbiológico similar por deficiencias en la desinfección.

Respecto a los parámetros organolépticos, el agua evaluada mostró características adecuadas: incolora, inodora y sin alteraciones perceptibles. Esta estabilidad sensorial, uniforme en todos los puntos de muestreo, es coherente con la naturaleza subterránea del recurso hídrico, el cual generalmente presenta baja turbiedad y ausencia de compuestos orgánicos volátiles. Ello contrasta con casos documentados en otras regiones donde el deterioro organoléptico evidencia problemas en la captación o distribución.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos y químicos inorgánicos, los resultados demuestran el cumplimiento de los valores establecidos por la normativa vigente. Los sólidos disueltos totales, la conductividad eléctrica, la dureza, los cloruros, los sulfatos y

los nitratos presentan valores bajos, lo que indica ausencia de contaminación antropogénica significativa, estabilidad geológica del acuífero y baja mineralización del agua. La estabilidad en estos parámetros coincide con estudios como los de Ruiz (2022) y Bombilla & Pizarro (2025), donde sistemas basados en acuíferos protegidos mostraron condiciones similares.

Pese a los buenos resultados fisicoquímicos, el incumplimiento microbiológico constituye el principal riesgo para la salud pública, ya que la presencia de coliformes totales refleja deterioro higiénico del sistema de distribución. Es necesario destacar que la pérdida del cloro residual durante el transporte y almacenamiento es una de las causas más probables, situación reportada ampliamente en estudios nacionales.

En síntesis, el agua distribuida en el distrito de Pilcuyo es aceptable en términos fisicoquímicos y organolépticos, pero no cumple con los requisitos microbiológicos esenciales, lo cual compromete su aptitud para consumo humano directo. Este hallazgo evidencia la necesidad de fortalecer la desinfección, implementar controles en la red y establecer monitoreos continuos que garanticen la inocuidad del agua.

4.5. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Hipótesis específica 1.

- Ha: La calidad del agua potable no cumple con el parámetro microbiológico.
- H0: La calidad del agua potable cumple con el parámetro microbiológico.

Resultado: Los valores de coliformes totales registrados en los cuatro puntos de muestreo (Tabla 02 y Figura 03) superan el límite permisible de 0 NMP/100 mL establecido por la normativa. En consecuencia, se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (H0).

Hipótesis específica 2.

- Ha: La calidad del agua potable cumple con los parámetros organolépticos.
- H0: La calidad del agua potable no cumple con los parámetros organolépticos.

Resultado: Los resultados presentados en la Tabla 04 muestran que el agua es incolora, inodora y con aspecto limpio en todos los puntos evaluados. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_a) y se rechaza la nula (H_0).

Hipótesis específica 3.

- H_a : La calidad del agua potable cumple con los parámetros químicos inorgánicos.
- H_0 : La calidad del agua potable no cumple con los parámetros químicos inorgánicos.

Resultado: Las Tablas 05 a la 11 y las Figuras 05 a la 11 evidencian que todos los parámetros químicos se encuentran dentro de los límites normativos. Así, se acepta la hipótesis alterna (H_a) y se rechaza la hipótesis nula (H_0).

CONCLUSIONES

PRIMERA: La evaluación integral de la calidad del agua potable en el distrito de Pilcuyo muestra que, si bien los parámetros organolépticos y químicos inorgánicos se encuentran dentro de los límites establecidos por el D.S. N.° 031-2010-SA, el incumplimiento del parámetro microbiológico —particularmente la presencia de coliformes totales en los puntos evaluados— compromete la inocuidad del agua para consumo humano. Esto evidencia que la principal debilidad del sistema de abastecimiento no es el origen del agua, sino la ineficiencia del proceso de desinfección y/o la vulnerabilidad de la red de distribución, lo que representa un riesgo sanitario para la población.

SEGUNDA: Los valores registrados de coliformes totales (Tablas correspondientes) superan el límite permisible de 0 NMP/100 mL, lo cual confirma la existencia de contaminación microbiológica. Esta presencia indica que el sistema actual de cloración no garantiza una desinfección continua y estable, o que existen puntos críticos en la red donde ingresa contaminación secundaria. La tendencia observada —aumento progresivo desde la captación hasta las viviendas— sugiere deterioro en tuberías, reservorios sin sellado adecuado o ausencia de control de cloro residual.

TERCERA: Los parámetros organolépticos evaluados (olor, color y aspecto) se mantienen dentro de los rangos aceptables según la normativa. Esto demuestra que el agua subterránea de Pilcuyo conserva sus características naturales sin influencias anómalas visibles de origen químico o biológico que afecten la percepción del consumidor. La estabilidad organoléptica indica un origen relativamente protegido y con baja presencia de materia orgánica o sustancias alterantes.

CUARTA: Los parámetros químicos inorgánicos —pH, TDS, conductividad eléctrica, dureza, cloruros, sulfatos y nitratos— cumplen los límites establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA. Esto refleja que el acuífero utilizado presenta buena calidad hidroquímica, sin evidencias de contaminación antrópica por aguas servidas, actividades agrícolas o infiltraciones industriales. La composición del agua es estable y adecuada, lo que confirma que el principal problema del sistema no se origina en la fuente, sino en el proceso de desinfección y distribución.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: La Municipalidad Distrital de Pilcuyo y a la JASS. La Municipalidad Distrital de Pilcuyo, en coordinación con la JASS, debe implementar un sistema de cloración automático que asegure niveles estables de cloro residual en toda la red, entre 0.5 y 1.0 mg/L. Esta medida es prioritaria porque los análisis microbiológicos evidenciaron presencia de coliformes totales, lo cual representa un riesgo sanitario directo. El control debe realizarse diariamente para garantizar la continuidad de la desinfección.

SEGUNDA: Dirigida a la JASS u operador del sistema de agua potable. La JASS debe ejecutar un mantenimiento integral del sistema de abastecimiento, incluyendo limpieza y desinfección del reservorio, sellado hermético de las tapas y renovación de tuberías en mal estado. Las evidencias de contaminación secundaria, reflejadas en el incremento de coliformes desde la captación hasta la vivienda, sugieren puntos vulnerables en la red. Se recomienda establecer monitoreo mensual de parámetros microbiológicos en coordinación con la Red de Salud El Collao.

TERCERA: la Red de Salud El Collao. La Red de Salud debe fortalecer la vigilancia sanitaria del agua potable del distrito mediante supervisiones periódicas, evaluación microbiológica continua y apoyo técnico a la JASS en la operación de la cloración. Dado que la principal deficiencia identificada es la desinfección ineficaz, el acompañamiento profesional permitirá mejorar el control del riesgo microbiológico y asegurar el cumplimiento de los criterios de potabilidad.

CUARTA: Dirigida a la Autoridad Local del Agua (ALA – Ilave). La ALA debe continuar con el monitoreo hidroquímico del acuífero que abastece al distrito, priorizando parámetros inorgánicos como nitratos, sulfatos y dureza. Aunque actualmente se

encuentran dentro de la norma, la actividad agrícola y ganadera podría alterarlos en el futuro. Se sugiere, de ser necesario, establecer zonas de protección y vigilancia en la recarga del acuífero para preservar la calidad del recurso a largo plazo.

BIBLIOGRÁFICA

- Agua, A. N. del. (2019). Ley de los Recursos Hídricos: Ley No 29338. Autoridad Nacional del Agua. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/228>
- Auccatinco Hirpahuanca, R. (2021). Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi – Cusco. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11355>
- Aucapiña Deleg, N. L., & Zumba Cárdenas, J. A. (2024). Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua tratada de la junta de agua potable y saneamiento “La Paz”. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45497>
- Balairón Pérez, L. (2021). Gestión de recursos hídricos. Edicions UPC. <https://www.mdx.cat/handle/2099.3/36178>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (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>
- Bombilla Caldas de Pereyra, J., & Pizarro Contreras, T. M. (2025). Evaluación microbiológica y fisicoquímica de la calidad del agua para consumo humano del sistema de abasto en cisterna de la Asociación de Vivienda de Valle Grande—Ate Vitarte noviembre 2024. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/2790>
- Borbolla-Sala, M. E., & Garrido-Pérez, S. M. G. (s. f.). Calidad del agua en Tabasco.
- Caro Soria, J. A. (2021). Calidad de las aguas de pozos artesianos del caserío de Santo Tomas del distrito de San Juan Bautista.
- Conductividad agua de consumo | Higiene Ambiental. (s. f.). Recuperado 14 de noviembre de 2024, de <https://higieneambiental.com/conductividad-y-calidad-del-agua-potable>
- Cordero Ordóñez, M. de L., & Ullauri Hernández, P. N. (2011). Filtros caseros, utilizando

ferrocemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (FGAS), 2 filtros lentos de arena (FLA), sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento [bachelorThesis].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/747>

Cordero Ordóñez, M. de L., & Ullauri Hernández, P. N. (2011). Filtros caseros, utilizando ferrocemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (FGAS), 2 filtros lentos de arena (FLA), sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento [bachelorThesis].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/747>

Cusiche Pérez, L., Espinoza Tumialan, C., & Espinoza Tumialan, G. (2021). Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín. *Prospectiva Universitaria*, 18(1), 53-58.
<https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2021.18.1416>

Díaz García, S., & González, J. (2022). La importancia de la temperatura del agua en las redes de abastecimiento. *Ingeniería del agua*, 26(2), 107-123.

Leon Mamani, G. J (2024). Evaluación de la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en la urbanización Santo Tomás de la ciudad de Juliaca - Puno. *universidad Andina Nestor Caceres Velasquez*.
<https://repositorio.uancv.edu.pe/items/733cf9e6-8e5e-4108-90d3-833a77b12b5e>

Jurado, C. D., & Yzarra, L. H. (2021). La Calidad del agua potable y su influencia en la salud humana. *GnosisWisdom*, 1(3), 11-20.
<https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v1i3.19>

Mamani Sánchez, B., Aguilar Franco, F., Nova Pinedo, M., Daza Kucharsky, A., Mamani Sánchez, B., Aguilar Franco, F., Nova Pinedo, M., & Daza Kucharsky, A. (2022). Diagnóstico de la calidad de agua para consumo humano en las comunidades Carmen Pampa y Chovacollo en Coroico—Bolivia. *Acta Nova*, 10(4), 443-460.

Márquez, E. Y. C., Astocaza, L. L. H., Huamaní, M. L. C., Huamán, W. S., Suazo, J. M. A., & Contreras, C. M. B. (2024). Sólidos totales disueltos en agua superficial para

- consumo humano en San Juan de Pillo, Perú. Revista Alfa, 8(24), Article 24.
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.310>
- Montoya, C. (2011). EFECTO DEL INCREMENTO EN LA TURBIEDAD DEL AGUA CRUDA SOBRE LA EFICIENCIA DE PROCESOS CONVENCIONALES DE POTABILIZACIÓN. 16, 137 al 148.
- Pérez-López, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha, 29(3), 3-14.
<https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Quispe, A. (2018). Evaluación de la dotación de agua potable para Salcedo-Puno .
Universidad Nacional del Altiplano.
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. C. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Industrial Data, 17(1), 71-80.
- Revilla, J. E. H., & Torres, O. A. G. (2020). Calidad del agua potable de la ciudad de Bagua, Amazonas, 2018. Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.25127/ucni.v3i3.637>
- Rodríguez, M. F., & Lacaba, R. M. G. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba Evaluation of Water Quality Index in Cabaña River, Moa-Cuba. Minería y Geología, 37, 105-119.
- Ruiz Alania, E. Y. (2022). Análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad del agua para consumo humano del Centro Poblado de Buena Vista, Distrito De Pozuzo, Provincia De Oxapampa—Perú, 2021. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2606>
- Tumbaico, A. (2022). Evaluación de la calidad de agua suministrada por el sistema de abastecimiento de agua de la Junta Administradora de Agua Potable de San 86Antonio de Chillo Jijón Amaguaña. Escuela Politécnica Nacional.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

TÍTULO: CALIDAD D E AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE PILCUYO- 2025

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
En qué medida la calidad de agua potable para consumo humano, cumple con los parámetros del DS N° 031-2010-SA, del distrito de Pilcuyo - 2025?,	Determinar la calidad de agua potable para consumo humano, cumple con los parámetros del DS N° 031-2010-SA, del distrito de Pilcuyo- 2025	Univariable: calidad de agua para consumo humano	Parámetros microbiológicos	Coliforme Termotolerante Coliformes Totales	DS N° 031-2010- SA Análisis de laboratorio	Diseño de investigación: No experimental Tipo: descriptivo-transversal Población/ Muestra: fuentes o puntos de abastecimiento: manantial, reservorio, primera vivienda y última vivienda. Análisis Estadístico Descriptivo.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Cuál es la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro microbiológico, del distrito de Pilcuyo 2025?	OBJETIVO ESPECÍFICO Analizar la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro microbiológico, del distrito de Pilcuyo		Parámetros organolépticos	Olor, sabor, color, pH,CE, Sólidos totales, Cloruro, sulfatos, Dureza total, , nitratos,		
¿Cuál es la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro organoléptico, del distrito de Pilcuyo 2025?	Analizar la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro organoléptico, del distrito de Pilcuyo		Parámetros químico inorgánico			
¿Cuál es la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro químico inorgánico, del distrito de Pilcuyo 2025?	Analizar la calidad de agua potable para consumo humano según el parámetro químico inorgánico, del distrito de Pilcuyo					

Anexo 02: D.S 031 -2010 Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

**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)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Anexo 03: Resultados de los Análisis de calidad de agua de Pilcuyo



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

INFORME DE ENSAYO 0261/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.

PROCEDENCIA : M1: RESERVORIO. M2: CAPTACIÓN.
M3: PRIMERA VIVIENDA PILCUYO. M4: ULTIMA VIVIENDA.
INTERESADO : ROMER A. AROCUTIPA CH.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 05/09/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 06/09/2025.
COORDENADAS : M1: N.8219655 E.440237 M2: N.8219007 E.440488
M3: N.8219324 E.440302 M4: N.8218672 E.440847

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro
Olor : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FISICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	M1	M2	M3	M4	METODOLOGÍA
pH		7.53	7.54	7.56	7.49	Potenciómetro
C.E	mS/cm	0.28	0.25	0.15	0.14	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	14.18	14.20	14.19	14.20	Termómetro
Solidos Disueltos Totales	g/l	0.14	0.13	0.08	0.07	Evaporación y pesaje

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/L	148.20	72.20	68.40	79.80	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/L	133.08	88.72	110.90	66.54	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/L	39.71	17.02	14.18	15.60	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/L	56.00	30.00	24.00	24.00	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	0.07	0.06	0.05	0.05	método colorimétrico
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/L	39.52	9.12	12.16	13.68	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/L	11.92	11.93	9.18	11.00	Titulación con EDTA

ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	4	3	9	23	NMP APHA 9221 B
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3	<3	<3	<3	NMP APHA 9221 E

INTERPRETACION:

- la muestra se recibió en el laboratorio.



Benito Fernández Vilcapaza
RUC: 20612800741
GERENTE



Salomón Justo Morales Yucra
INGENIERO QUÍMICO
ANALISTA DE LABORATORIO

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

Anexo 04: Fotografías de la toma de muestra del agua potable Pilcuyo



Figura 12: Toma de muestra de reservorio de Pilcuyo



Figura 13: Captación de agua



Figura 14: Toma de muestra primera vivienda - Pilcuyo



Figura 15: Toma de muestra última vivienda - Pilcuyo